

# Leed

COURS N° 10 : ET SI ON PARLAIT : « TUBES »

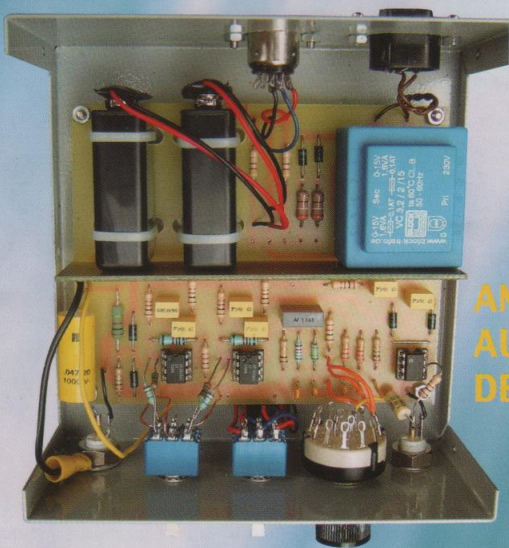
LA 12AU7 EN FONCTIONNEMENT

BARGRAPH POUR ANALYSEUR AUDIO

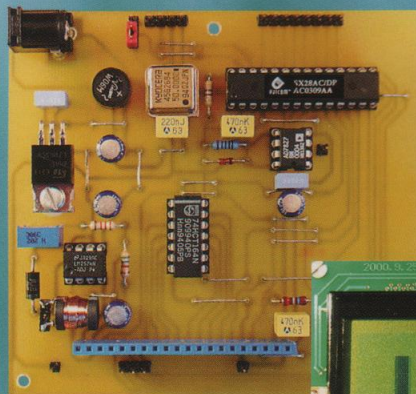
AMPLIFICATEUR MULTICANAUX :

LE MODULE DE PROTECTION GÉNÉRALE

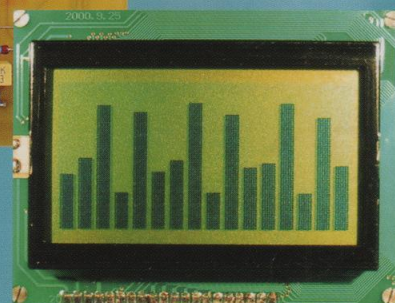
AMPLIFICATEUR POUR MESURES AUDIO



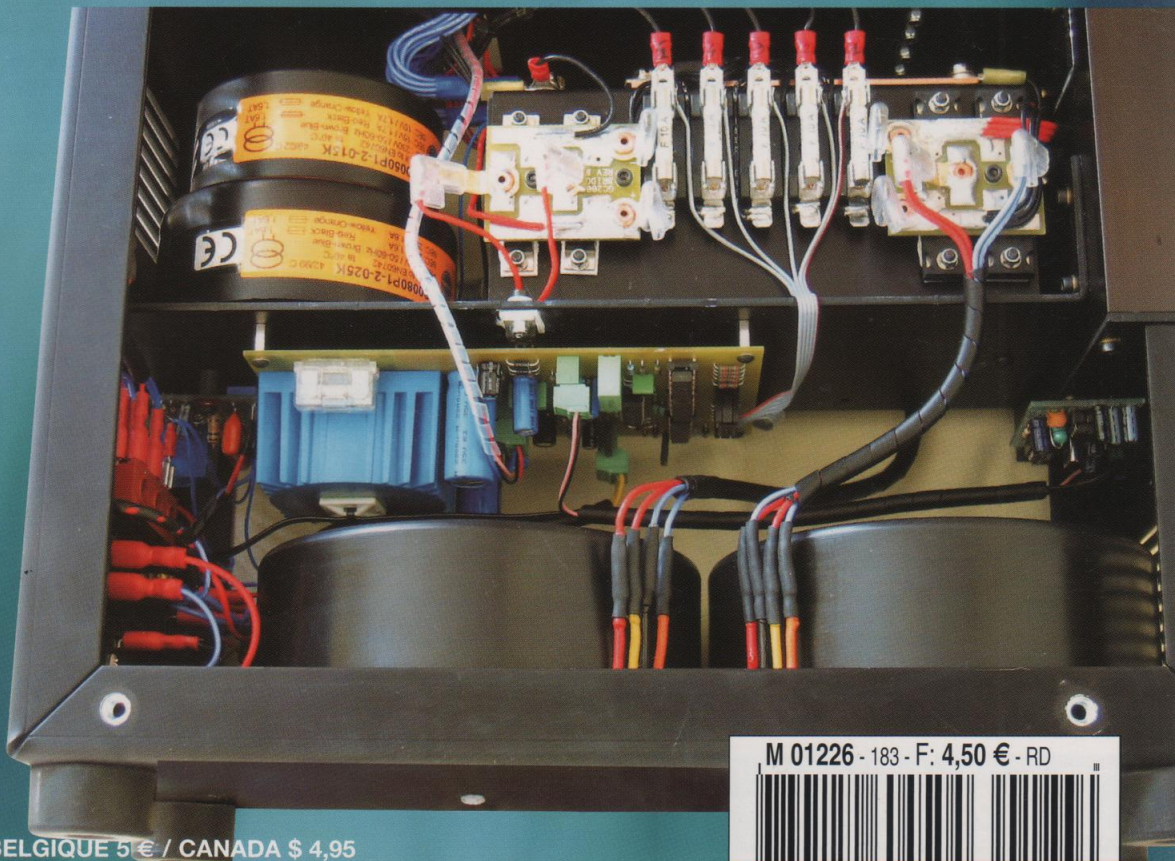
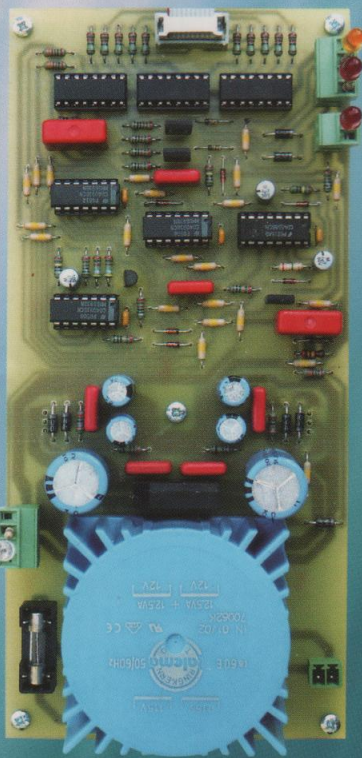
AMPLIFICATEUR AUXILIAIRE DE MESURES



BARGRAPH POUR ANALYSEUR AUDIO



## LE GK FIVE ET SON MODULE DE PROTECTION GÉNÉRALE



# 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

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

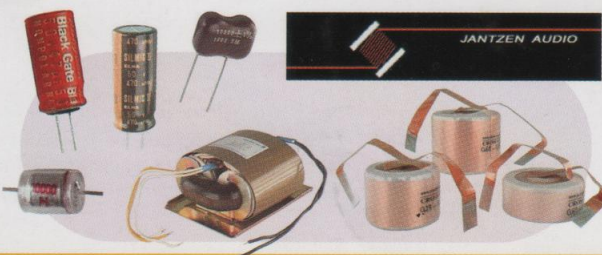
Brosse anti-statique en fibres de carbone

- 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



**Selectronic**  
L'UNIVERS ELECTRONIQUE

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

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

www.selectronic.fr



Kits **Selectronic** pour AUDIOPHILES

**Selectronic**  
L'UNIVERS ELECTRONIQUE



**Section filtre actif**

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

**Section amplificateurs**

- Alimentations totalement séparées pour les voies droites et gauches • 4 x 16 W RMS / 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 

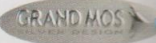


- Etages Classe A à FETs et MOS-FETs
- 7 entrées dont une RIAA et 1 symétrique
- 3 sorties dont 1 symétrique
- Télécommande IR • Etc.

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 DÉSYMÉTRISEUR de LIGNE**

- Sorties sur prises RCA argentées
- Alimentations séparées

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

**Kit SYMÉTRISEUR de LIGNE**

- Sortie 600 Ω sur XLR Neutrik • Alimentations séparées

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

**Selectronic**  
L'UNIVERS ELECTRONIQUE



NOS MAGASINS :

PARIS (Tél. 01.55.25.88.00

Fax : 01.55.25.88.01)

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

LILLE

86 rue de Cambrai  
(Près du CROUS)



**Catalogue Général 2004**

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

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

# Led

**Société éditrice :**  
Editions Périodes  
Siège social :  
2-12 rue de Bellevue,  
75019 Paris

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

## Led

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

Services :

**Rédaction - Abonnements :**

**01 44 84 88 28**

2-12 rue de Bellevue  
75019 Paris

**Ont collaboré à ce numéro :**

Rinaldo Bassi  
André Cocheteux  
Bernard Dalstein  
Bernard Duval  
Jean-Claude Gaertner  
Gabriel Kossmann  
Jean-Louis Vandersleyen

**Abonnements :**

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

**Publicité :**

Bernard Duval

**Réalisation :**

Transocéan SAS

**Dessinateur :**

Pascal Mercier

**Impression :**

Berger Levrault - Toul  
Imprimé en France

## 6

### LA CLÉ DE L'ÉLECTRONIQUE À TUBES ? (COURS N° 10)

Dans notre précédent numéro, nous avons effectué notre premier montage avec la triode ECC82, ce qui nous a permis de " faire " de la musique. Soumettons maintenant notre petit montage élémentaire aux mesures de base qui permettront d'analyser son fonctionnement.

## 14

### AMPLI INTÉGRÉ À 4 ENTRÉES " HAUT NIVEAU "

Nous vous proposons de réaliser un Push Pull d'ECL86 de 2 x 12 Weff pour une sensibilité d'entrée de 500 mVeff. Nous en avons profité pour doter l'amplificateur d'un système de commutation qui permet ainsi d'y raccorder quatre sources à " haut niveau " : CD, tuner, magnétophone. L'ECL86 est une petite triode/pentode qui nous a " emballés " et que nous jugeons meilleure en dynamique que le tandem ECC83/EL84 (un son proche de l'EL34).

## 26

### PRÉAMPLIFICATEUR HOME CINÉMA TOUS TUBES (2<sup>e</sup> PARTIE)



Le précédent numéro vous permettait de réaliser un excellent module préamplificateur stéréophonique " KTR " à base de triodes 5725. Celui-ci va vous donner l'occasion de câbler l'alimentation qui va lui " donner vie " et vous permettre dès lors de faire des écoutes dans de très bonnes conditions.

## 33

### SERVICES CIRCUITS IMPRIMÉS

## 36

### LE GK « FIVE » AMPLIFICATEUR MULTICANAUX (3<sup>e</sup> PARTIE)

Avec cette troisième partie, nous abordons la description du module de protection générale qui permet, entre autres, de surveiller l'état d'un certain nombre de fusibles et de temporiser la " mise en route " des tensions secteur de puissance.

## 52

### AFFICHEUR BARGRAPH POUR ANALYSEUR AUDIO

Rappelons qu'un analyseur spectral permet de visualiser graphiquement la réponse en fréquence d'un équipement audio afin de la corriger. L'affichage se présente sous la forme de seize colonnes représentatives de chacune des fréquences analysées. La hauteur de chaque colonne est à l'image du niveau sonore mesuré.

## 62

### AMPLIFICATEUR DE MESURE À FAIBLE BRUIT

L'appareil étudié ici est un amplificateur auxiliaire de mesure pour oscilloscope ou millivoltmètre AC. Il est principalement destiné aux mesures du bruit et des ronflements qui parasitent nos chères réalisations.

#### 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 à 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° 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)
- 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

- Photocopies de l'article** (Prix de l'article : 4,60 €):
- Et si on parlait : «tubes» ? Remontons en arrière voulez-vous ? (Cours n°1)
  - 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

- Photocopies de l'article** (Prix de l'article : 4,60 €):
- La clé de l'électronique à tubes. (Cours n° 3)
  - SRPP et béta-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

- Photocopies de l'article** (Prix de l'article : 4,60 €):
- La clé de l'électronique à tubes. (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>e</sup> partie)
- K2, notre caméra CCD destinée à l'astronomie : le programme d'acquisition Kool (4<sup>e</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 (1<sup>ère</sup> partie)
- L'enceinte Euphonie/Vifa « Double six »
- Le push-pull de triodes 845
- Alimentation haute tension à très faible bruit (2<sup>e</sup> partie)

## N° 182

- La clé de l'électronique à tubes (Cours n° 9)
- De la théorie à un (petit) peu de pratique
- Lampemètre professionnel (3<sup>e</sup> partie)
- Préamplificateur tous tubes pour Home Cinéma (1<sup>ère</sup> partie)
- L'amplificateur multicanal GK Five (2<sup>e</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)

NOM : ..... PRÉNOM : .....

N° : ..... RUE .....

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

Je désire :

...n° 151  ...n° 160  ...n° 170  ...n° 181

...n° 154  ...n° 161  ...n° 178  ...n° 182

...n° 158  ...n° 162  ...n° 179

...n° 159  ...n° 163  ...n° 180

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

...n° 168  ... n° 172  ... n° 174  ... n° 176

...n° 169  ... n° 173  ... n° 175  ... n° 177



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

Ça y est... Vous avez osé ! Vous avez réalisé « l'horrible chevelu » que nous avons décrit lors de notre dernière cause-rie (figure 2). Avec un pincement au cœur, vous avez d'abord connecté le filament du tube au 6,3 volts de la petite alimentation décrite dans *Led n°177* (page 14). Une petite lueur sympathique est apparue à travers l'enveloppe de la 12AU7/ECC82... Ça a chauffé ! Bravement, vous avez envoyé la haute tension entre l'extrémité de la résistance de 11 k $\Omega$  et la masse en la mesurant avec votre voltmètre. Vous avez monté doucement jusqu'à 300 volts (figure 4, *Led n°182*)... Rien n'a brûlé ? Vous aviez tout bon !

Une douce euphorie vous a gagné... Vous ne pouviez pas résister... Vous avez connecté votre lecteur CD à l'entrée du montage, non sans avoir tourné le potentiomètre vers l'extrême gauche, ce qui revenait à mettre à la masse la grille de votre 12AU7. Ainsi, vous étiez sûr de ne pas faire exploser votre amplificateur en cas de fausse manœuvre ... Parce que, kamikaze, vous avez connecté l'entrée de votre amplificateur à la sortie du montage. Vous avez introduit dans votre lecteur votre disque préféré... Moteur !... Vous avez tourné prudemment le potentiomètre vers la droite... Miracle, cela a fonctionné ! Votre montage a « fait » de la musique... C'est magique. Votre imagination a travaillé, vous avez vu les électrons swinguer hors de la charge d'espace, circuler joyeusement à travers les électrodes du tube et les résistances du montage. C'était donc aussi simple que cela ? Deux résistances, un tube, deux condensateurs... Pourquoi se casser la tête ? Stop ! Je vous arrête de suite. Cette grande simplicité n'est pas, loin s'en faut, synonyme de qualité, ni de fidélité. Tout au long de nos articles, et dès que nous aborderons

l'étude des circuits, nous tenterons de dégager certaines règles qui nous permettront d'atteindre non pas la perfection (celle-ci, hélas, n'existe pas), mais une certaine qualité subjective que les musiciens, lorsqu'ils parlent d'un bon instrument de musique, appellent le « son ». Soumettons donc notre petit montage élémentaire aux mesures de base qui nous permettront d'analyser son fonctionnement en soulignant, à chaque fois, dans toute la mesure du possible, l'incidence des phénomènes sur le résultat subjectif à l'écoute.

### LES MESURES STATIQUES EN TENSIONS ET COURANTS CONTINUS

Avant d'effectuer les mesures en tensions modulées, il nous faut vérifier si notre tube fonctionne bien aux points que nous avons définis graphiquement sur le réseau des caractéristiques  $i_a = f(V_a)$  à  $V_g = \text{constante}$  (*Led n°182*, page 9) et que nous reproduisons à la **figure 1**. Vous allez relier la borne « - » de votre voltmètre continu au point de masse connecté au « - » de l'alimentation haute tension.

# LA 12AU7 EN PRÉAMPLIFICATION

La pointe de touche, reliée au « + » de votre voltmètre, sera déplacée aux points A, B, C en rouge sur le montage, afin de mesurer toutes les tensions et intensités (figure 2).

## 1- Mesurer la haute tension en A.

Vous devez la régler avec précision à 300 volts

## 2- Mesurer la tension en B.

C'est la tension d'anode qui doit correspondre à la tension obtenue sur le réseau de caractéristiques  $I_a = f(V_a)$  à  $V_g = Cte$ . Rappelons-nous ces valeurs au repos :

Pour  $R_a = 11\text{ k}\Omega$  et  $V_{HT} = 300\text{ V}$ ,  $V_a = 250\text{ V}$   
(avec  $R_k = 2700\ \Omega$  et  $V_g = -12,5\text{ V}$ )

Pour  $R_a = 30\text{ k}\Omega$  et  $V_{HT} = 300\text{ V}$ ,  $V_a = 180\text{ V}$   
(avec  $R_k = 1900\ \Omega$  et  $V_g = -7,5\text{ V}$ )

Au point B, avec la charge de  $11\text{ k}\Omega$ , nous mesurons :

$$V_a = 251,7\text{ volts}$$

Alors que nous devrions mesurer :

$$V_a = 250\text{ volts}$$

Ne vous affolez pas, cette différence de 1,7 volt est absolument normale (c'est même très bien). Il n'est pas rare de trouver des différences bien plus importantes. Cela tient à deux facteurs :

- Le tube lui-même. S'il est de bonne qualité, ses caractéristiques sont garanties à  $\pm 5\%$ . Avec des tubes triés, on peut descendre à  $\pm 0,5\%$ , c'est un maximum.

- Les tolérances des valeurs des résistances  $R_a$  et  $R_k$ . Dans toute la mesure du possible, travaillez avec des résistances de précision  $\pm 1\%$ . Si vous employez des résistances à  $\pm 5\%$  ou  $10\%$ , trie-les avant d'effectuer votre montage, vous éviterez des mauvaises surprises.

En conclusion, dans tout montage bien étudié, on estime qu'une variation de  $\pm 5\%$  de la valeur de  $V_a$  ne doit pas influencer sur les performances finales.

Dans notre cas :

$$250\text{ V} \pm 5\%$$

soit une tension  $V_a$  de 238 à 262 volts, qui aurait été considérée comme valable.

**Observation importante :** toutes les mesures statiques doivent être effectuées grille à la masse afin de ne pas être faussées par d'éventuelles perturbations

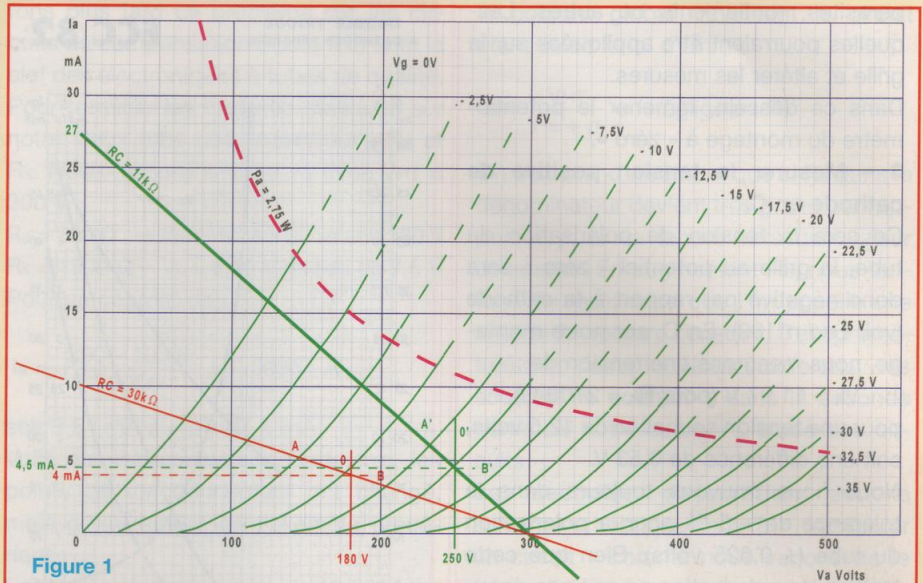


Figure 1

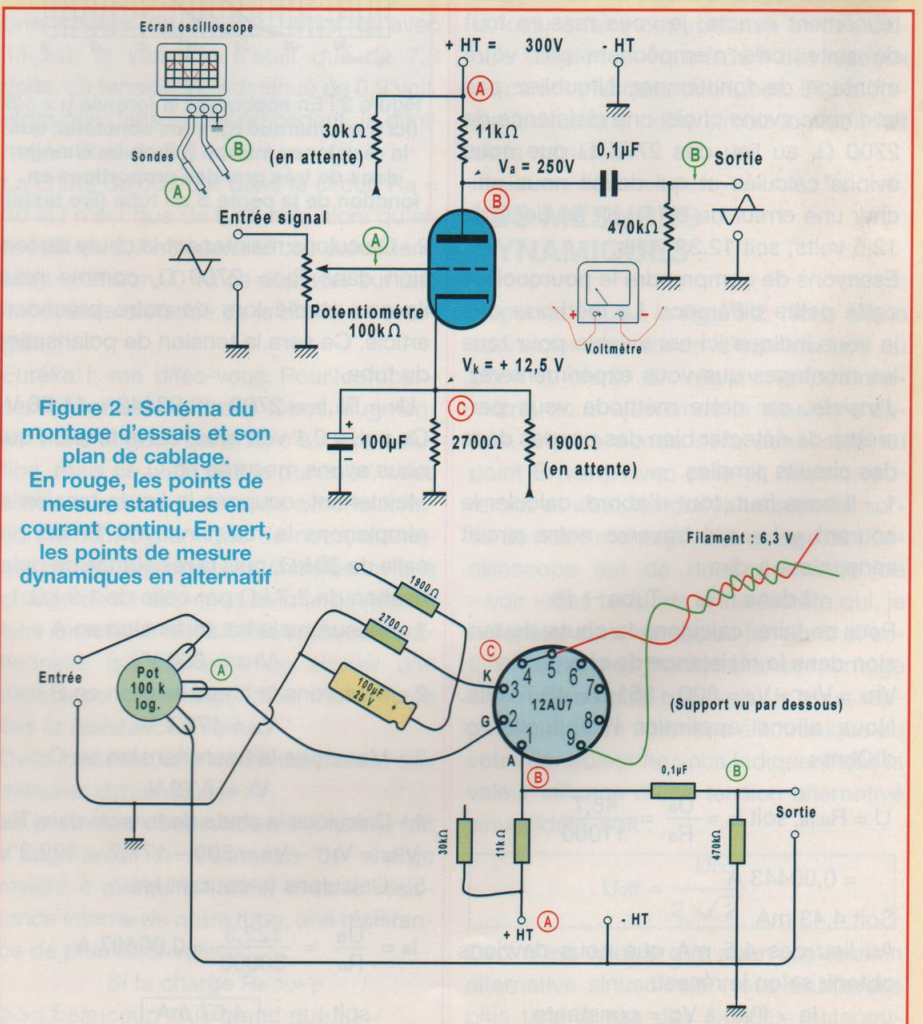


Figure 2 : Schéma du montage d'essais et son plan de câblage. En rouge, les points de mesure statiques en courant continu. En vert, les points de mesure dynamiques en alternatif

## ET SI ON PARLAIT : « TUBES »

parasites, ronflements ou autres. Lesquelles pourraient être appliquées sur la grille et altérer les mesures.

Dans ce dessein, ramener le potentiomètre du montage à « zéro ».

### 3 - Mesurer la tension positive de cathode en C.

Ce sera la tension de polarisation du tube, la grille au potentiel « zéro » sera donc négative par rapport à la cathode (voir Led n°182). En C, sur notre montage, nous mesurons une tension de :

$$V_k = 11,97 \text{ V (pour } R_k = 2700 \Omega),$$

pour une tension souhaitée de 12,5 volts, soit une différence de 0,53 V.

Nous nous trouvons toujours dans la tolérance de  $\pm 5 \%$  pour la polarisation du tube ( $\pm 0,625$  volts). Bien que cette tension de polarisation ne soit pas rigoureusement exacte, je vous rassure tout de suite, cela n'empêchera pas votre montage de fonctionner. N'oubliez pas que nous avons choisi une résistance de  $2700 \Omega$ , au lieu des  $2777 \Omega$  que nous avons calculés et qui devait nous afficher une erreur de 0,11 volt en deçà de 12,5 volts, soit 12,39 volts.

Essayons de comprendre le pourquoi de cette petite différence. La méthode que je vous indique ici est valable pour tous les montages que vous expérimenterez. J'insiste, car cette méthode vous permettra de détecter bien des pannes dans des circuits simples.

1 - Il nous faut, tout d'abord, calculer le courant « I » qui traverse notre circuit série, c'est-à-dire :

$$I \text{ dans : } R_a \rightarrow \text{Tube} \rightarrow R_k$$

Pour ce faire, calculons la chute de tension dans la résistance de charge  $R_a$  :  
 $V_{R_a} = V_{HT} - V_a = 300 - 251,3 = 48,7$  volts.  
 Nous allons appliquer l'habituelle loi d'Ohm :

$$U = R_a \cdot I_a, \text{ soit } I_a = \frac{U_a}{R_a} = \frac{48,7}{11000} = 0,00443 \text{ A}$$

Soit 4,43 mA

Au lieu des 4,5 mA que nous devrions obtenir selon le réseau

$$I_a = f(V_a) \text{ à } V_g = \text{constante}$$

DOUBLE TRIODE  
A CATHODES SÉPARÉES

ECC 82

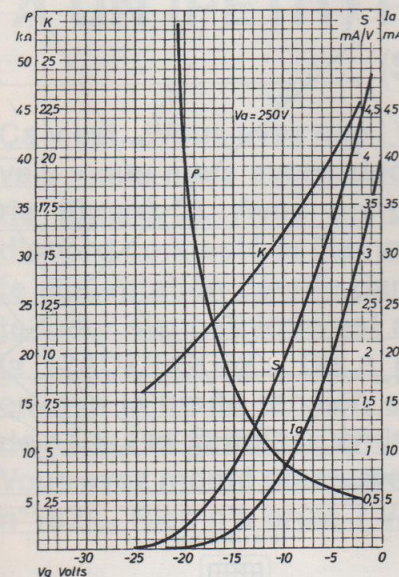


Figure 3 : En appliquant la formule  $\mu = \rho/S$  (ici  $\mu$  est marqué K), vous constatez que la résistance interne  $\rho$  du tube change dans de très grandes proportions en fonction de la pente S du tube (lire texte)

2 - Calculons maintenant la chute de tension dans  $R_k = 2700 \Omega$ , comme nous l'avons étudié lors de notre précédent article. Ce sera la tension de polarisation du tube :

$$U_k = R_k \cdot I_k = 2700 \times 0,00443 = 11,96 \text{ V}$$

Ce qui, à 0,1 volt près, est la tension que nous avons mesurée en C.

Maintenant, coupons la haute tension et remplaçons la résistance de 11 k $\Omega$  par celle de 30 k $\Omega$ , puis la résistance de polarisation de 2,7 k $\Omega$  par celle de 1,9 k $\Omega$ .

1 - Mesurons la haute tension en A :

$$V_{HT} = 300 \text{ V}$$

2 - Mesurons la haute tension en B :

$$V_a = 177,7 \text{ V}$$

3 - Mesurons la haute tension en C :

$$V_k = 7,72 \text{ V}$$

4 - Calculons la chute de tension dans  $R_a$  :

$$V_{R_a} = V_{HT} - V_a = 300 - 177,7 = 122,3 \text{ V}$$

5 - Calculons le courant  $I_a$  :

$$I_a = \frac{U_a}{R_a} = \frac{122,3}{30000} = 0,00407 \text{ A}$$

$$\text{soit : } \boxed{4,07 \text{ mA}}$$

En vérifiant sur le réseau  $I_a = f(V_a)$  à  $V_g = \text{cte}$  au point O, point de repos pour VHT = 300 V et  $R_a = 30 \text{ k}\Omega$ , nous trouvons :

$$V_a = 180 \text{ V} \rightarrow \text{Valeur mesurée : } 177,7 \text{ V}$$

$$I_a = 4 \text{ mA} \rightarrow \text{Valeur calculée } 4,07 \text{ mA}$$

$$V_g = -7,5 \text{ V} \rightarrow \text{Valeur mesurée } -7,72 \text{ V}$$

Je me suis appesanti sur cette série de calculs simples afin de vous habituer à manipuler les tensions, les courants et comparer ces derniers aux points de fonctionnement sur les réseaux de caractéristiques en n'oubliant pas de comparer les résultats que vous trouvez aux mesures réelles que vous effectuez sur vos montages. Je ne saurais trop vous conseiller de vous amuser à trouver d'autres charges  $R_a$  pour votre 12AU7 et d'autres résistances de polarisation  $R_k$ .

Et maintenant, ajoutons un peu de sel à notre expérience. En fouillant dans nos stocks, nous avons déniché une pauvre vieille 12AU7, bien usée, que nous allons tester sur notre montage. Mais tout d'abord, mesurons ses caractéristiques au lampemètre afin de savoir s'il lui reste encore un petit quelque chose dans les entrailles.

Au point de fonctionnement standard, ou typique au choix (voir Led n°182), c'est-à-dire :  $V_a = 250 \text{ V}$  et  $V_g = -8,5 \text{ V}$ , Nous devrions mesurer  $I_a = 10,5 \text{ mA}$ , pour une pente  $S = 2,2 \text{ mA/volt}$ , un coefficient d'amplification  $\mu = 17$ , une résistance interne  $\rho = 7700 \Omega$  (figure 3).

Or nous mesurons :

$$I_a = 5,4 \text{ mA} \quad S = 1,15 \text{ mA/volt}$$

$$\mu = 17,2 \text{ et } \rho = 15000$$

Que constatons-nous ? La pente S a diminué de moitié,  $\mu$  bouge très peu avec le vieillissement du tube, en contrepartie  $\rho$  passe du simple au double, ce qui nous permet de vérifier la célèbre formule :

$$\mu = \rho \cdot S \text{ (voir Led n°178)}$$

d'où :

$$\rho = \frac{\mu}{S} = \frac{17,2}{0,0015} = 14782 \Omega$$

Cette augmentation de la résistance interne du tube influera fortement sur notre montage.



# LA 12AU7 EN PRÉAMPLIFICATION

Installons notre pauvre tube usé sur notre « chevelu ». Voici ce que nous mesurons pour  $V_{HT} = 300\text{ V}$

$R_a = 11\text{ k}\Omega \rightarrow V_a = 257,8\text{ V}$  au lieu de  $250\text{ V}$   
 $R_k = 2700\ \Omega \rightarrow V_k = 10,18\text{ V}$  au lieu de  $12,5\text{ V}$   
 $V_a$  se trouve bien dans la tolérance de  $\pm 5\%$ , mais cela est loin d'être le cas pour  $V_k$  qui a varié de plus de 2 volts.

Le courant  $I_a$  a varié dans d'importantes proportions :

$$I_a = \frac{V_{HT} - V_a}{R_a} = \frac{300 - 257,8}{11000} = 0,0038\text{ A}$$

soit  $3,8\text{ mA}$  au lieu de  $4,5\text{ mA}$

## PREMIÈRE OBSERVATION

La pente plus faible de notre tube qui a entraîné une augmentation de la résistance interne, et donc une chute du débit  $I_a$ , se traduit sur le réseau de caractéristiques par une inclinaison générale de toutes les courbes vers la droite. Ceci est important car la tension  $V_a$  étant restée très proche de la tension optimale (ici  $257\text{ V}$  au lieu de  $250\text{ V}$ ), le point de fonctionnement  $O'$  va se déplacer très peu sur la droite de charge (ici  $11\text{ k}\Omega$ ).

## DEUXIÈME OBSERVATION

La plus importante : plus un tube vieillit, plus sa pente diminue et, en corrélation, plus son débit est faible. Le point de fonctionnement sur la droite de charge va se déplacer, et bien que le coefficient d'amplification soit conservé, nous verrons plus loin que la conséquence directe est une profonde modification du gain, des taux de distorsion harmonique et d'intermodulation.

## PREMIÈRE CONCLUSION

**Un montage aussi simple** que celui que nous utilisons pour les essais est amusant pour « faire » de la musique, mais **ne conservera pas ses qualités dans le temps**. Au fur et à mesure du vieillissement du tube, on assistera à une profonde modification des qualités « audio ». C'est le cas de beaucoup de montages à tubes où le concepteur n'a pas tenu compte du vieillissement. Nous aborde-

rons plus tard ce problème car les circuits de compensation existent et sont la clef des électroniques à tubes de qualité. Pour terminer les mesures statiques sur notre vieux tube usé, substituons  $R_a$  et  $R_k$ . Nous mesurons toujours avec  $V_{HT} = 300\text{ V}$

$R_a = 30\text{ k}\Omega \rightarrow V_a = 193,8\text{ V}$  au lieu de  $180\text{ V}$   
 $R_k = 1900\ \Omega \rightarrow V_k = 6,60\text{ V}$  au lieu de  $7,5\text{ V}$   
Pour un courant de

$$I_a = \frac{300 - 193,8}{30000} = 0,00354\text{ A}$$

soit  $3,54\text{ mA}$  au lieu de  $4\text{ mA}$ .

Voilà qui est intéressant. Cette fois, les points de fonctionnement ont changé, mais différemment de l'exemple précédent.

La tension  $V_a$  a augmenté de  $13,8\text{ V}$  pour une charge de  $30\text{ k}\Omega$ , alors qu'avec  $11\text{ k}\Omega$ , la variation n'était que de  $7,8\text{ volts}$ . La tension  $V_k$  a diminué de  $0,9\text{ volt}$ , alors que dans le cas précédent, la diminution était de  $2,3\text{ volts}$ .

La chute de courant dans le circuit  $R_a = 30\text{ k}\Omega$  n'est que de  $0,46\text{ mA}$ , alors qu'elle était de  $0,7\text{ mA}$  dans le cas précédent. Mais attention,  $O$  va se déplacer sur une importante distance de la droite de charge.

Euréka !, me dites-vous. Pour compenser le vieillissement des tubes, augmentons la charge... Halte là, c'est une solution, mais ce n'est pas la panacée, nous allons le voir tout de suite avec le fonctionnement dynamique de notre montage. Souvenez-vous : en choisissant une charge de  $11\text{ k}\Omega$ , nous avons décidé de faire un clin d'œil à l'électronique traditionnelle qui conseille de choisir une résistance de charge d'au moins trois fois la résistance interne.

Deux observations avant de passer aux mesures dynamiques.

**La première observation** est que le fait d'augmenter la résistance de charge revient à mettre en série, avec la résistance interne de notre tube, une résistance de plus forte valeur :

$$\text{Si la charge } R_a \gg \rho$$

(>> : beaucoup plus grand que...)

le courant global traversant le circuit étant selon la loi d'Ohm :

$$I_a = \frac{V_{HT}}{R_a + \rho} \text{ en négligeant } R_k$$

On comprend aisément que si  $R_a$  dans le dénominateur devient très grand par rapport à  $\rho$ ,  $I_a$  va tendre vers une valeur constante. En augmentant  $R_a$ , nous tentons de réaliser ce que l'on appelle une source de courant constant. Il est prématuré d'en parler ici. Nous étudierons « les sources de courant » dans la seconde partie de notre cours « L'étude des circuits ».

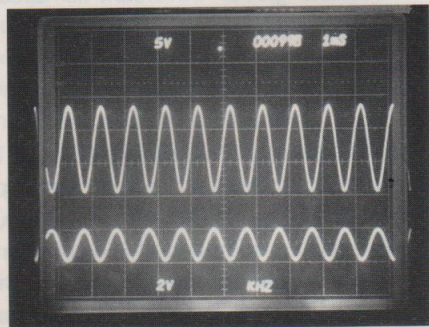
**La seconde observation** est la suivante : habituez-vous à « manipuler un circuit » comme nous venons de le faire, n'hésitez pas à changer des résistances, à faire des mesures et des calculs simples en vous aidant des réseaux de caractéristiques des tubes. Et maintenant, étudions notre circuit lorsqu'il fait de la musique !

## LES MESURES DYNAMIQUES

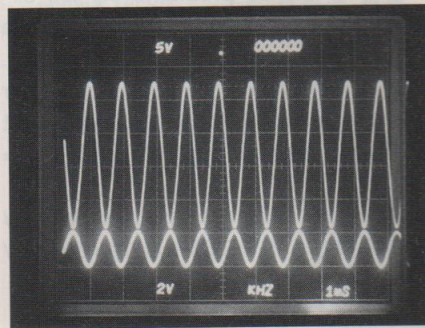
Reportez-vous à la **figure 2**. Nous allons connecter une sonde d'oscilloscope au point A (vert). En réglant le potentiomètre, nous ajusterons la tension d'entrée. L'autre sonde sera connectée au point B (vert). Avec celle-ci, nous mesurerons et visualiserons la tension de sortie de notre montage. L'avantage de l'oscilloscope est de nous permettre de « voir » des tensions crête à crête qui, je le répète, sont les seules tensions effectivement réelles traitées par un montage électronique quel qu'il soit. Je vous rappelle que votre voltmètre électronique ou votre contrôleur ne vous indiquent que la valeur efficace d'une tension alternative sinusoïdale, soit :

$$U_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{cc}}}{2\sqrt{2}}$$

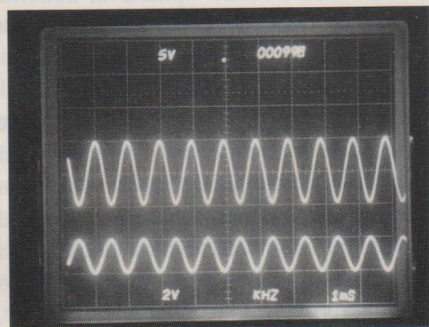
Ceci n'est valable que pour une tension alternative sinusoïdale. Nous étudierons plus tard le cas des signaux rectangu-



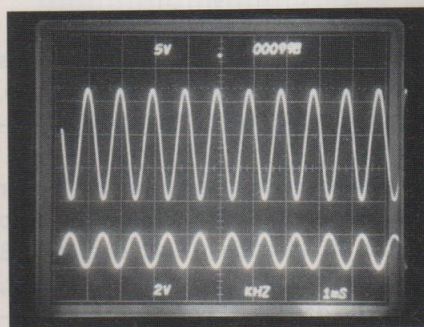
Tube neuf  $v_e : 2 V_{cc}/V_s : 13 V_{cc}/R_a = 11 k\Omega$



Tube neuf  $v_e : 2 V_{cc}/V_s : 13 V_{cc}/R_a = 30 k\Omega$



Tube usagé  $v_e : 2 V_{cc}/V_s : 10 V_{cc}/R_a = 11 k\Omega$



Tube usagé  $v_e : 2 V_{cc}/V_s : 17 V_{cc}/R_a = 30 k\Omega$

Figure 4

laires, triangulaires et autres dents-de-scie. En guise de musique, c'est un générateur basse fréquence sinusoïdal qui servira à nos premiers essais dynamiques du montage.

Nous vous rappelons que nous avons deux résistances de charge et deux résistances de polarisation que nous connecterons alternativement.

Nous ne reviendrons pas sur les détails. Lorsque nous dirons  $R_a : 11 k\Omega$ , cela sous-entendra  $R_k : 2700 \Omega$ . De même,  $R_a : 30 k\Omega$  sous-entendra  $R_k : 1900 \Omega$ . Vous êtes prêts ? Allons-y !

## CONTRÔLE DU GAIN

Reportez-vous à la **figure 4**. À gauche et en bas, la tension crête à crête appliquée à l'entrée A sur notre tube équipé de  $R_a = 11 k\Omega$ . À droite, en bas, la même tension appliquée avec  $R_a = 30 k\Omega$ .

La sinusoïde, en haut sur les deux photos, représente le signal recueilli à la sor-

tie B. L'échelle de mesure : pour l'entrée, un carreau représente 2 volts. Pour la sortie, un carreau représente 5 volts. Que constatons-nous ?

À gauche pour  $R_a = 11 k\Omega$ , la tension de sortie couvre environ deux carreaux et trois divisions, soit 13 volts crête à crête. Le gain A avec  $R_a = 11 k\Omega$

$$A = \frac{V_{s\ cc}}{V_{e\ cc}} = \frac{13}{2} = 6,5$$

Vous êtes fiers de vous ? Oui ! Vous aviez calculé en vous reportant au réseau  $I_a = f(V_a)$  à  $V_g = cte$  un gain A de 6,6 (voir *Led* n°182 p.11).

À droite pour  $R_a = 30 k\Omega$  : pour  $v_e = 2 V_{cc}$ , on mesure quatre carreaux et quatre divisions, soit 24 volts crête à crête.

$$A = \frac{V_{s\ cc}}{V_{e\ cc}} = \frac{24}{2} = 12$$

Ce qui est exactement la valeur que vous aviez calculée. Si je m'appesantis sur

ces mesures simples, c'est afin de vous familiariser à l'usage de l'oscilloscope qui est l'engin indispensable qui vous permettra de mettre au point vos circuits. **Lorsque l'on parle de tensions et de courants alternatifs, on utilise toujours des lettres minuscules, contrairement aux courants et tensions continues où l'on emploie des majuscules.**

Regardez en détail les deux oscillogrammes  $R_a : 11 k\Omega$  et  $R_a : 30 k\Omega$ . Vous constatez qu'à une crête positive de la tension d'entrée correspond une crête négative de la tension de sortie. **On dit que le circuit est « inverseur ».** Ce montage classique est appelé montage « cathode commune ». Nous étudierons plus tard les autres montages possibles d'un tube électronique. C'est ce phénomène d'inversion de phase qui est gênant en audio et qui vous interdira d'utiliser seul un montage ultra simple comme préamplificateur. Le fait qu'il soit inverseur aura pour conséquence de répondre « à l'envers » aux impulsions de tensions représentatives de la réalité du son. Bien que la réalité soit plus complexe, en simplifiant, imaginons le choc d'une baguette sur une batterie. Cela se traduira par une surpression de l'air qui se manifestera électriquement par une impulsion positive. Or, notre montage est inverseur, ce qui signifie que cette impulsion positive se traduira par une impulsion négative amplifiée sur  $R_a$ . Si vous appliquez cette impulsion négative à l'entrée de votre amplificateur (lequel, je l'espère, n'est pas inverseur !), vous obtiendrez un recul de la membrane du haut-parleur. La surpression d'origine aura donné naissance à une dépression, ce qui est fort désagréable. La solution pour retrouver la phase dite « absolue » sera d'inverser les connexions du haut-parleur. Ce qui, avouons-le, n'est pas très pratique.

Voyons maintenant l'influence du vieillissement du tube sur le gain.

Figure 4, en bas, à gauche, avec  $2V_{cc}$  à l'entrée et  $R_a = 11 k\Omega$  :

# LA 12AU7 EN PRÉAMPLIFICATION

$v_s$  est tombée à  $\approx 10 v_{cc}$ , soit une chute de 7,7 %.

En bas, à droite, pour  $2 v_{cc}$  à l'entrée et  $R_a = 30 k\Omega$  :

$v_s$  est tombée à  $\approx 17 v_{cc}$ , soit une chute de 7,4 %.

**En conclusion** : avec notre montage, d'essais hyper simple, on peut affirmer que **le gain du montage va baisser continuellement avec le vieillissement du tube**. Nous verrons que ceci est encore plus sensible avec les amplificateurs de puissance fonctionnant en classe A. Nous étudierons plus tard les circuits de compensation dont la plupart (mais pas tous) utilisent la contre-réaction.

## QU'EN EST-IL DE LA DISTORSION ?

Dans notre précédent article, nous avons défini le cahier des charges de notre montage.

Celui-ci doit pouvoir moduler à fond un amplificateur de puissance avec une tension crête à crête de 7,6 volts. Nous allons donc appliquer une tension  $v_{cc}$  d'une certaine valeur à l'entrée du montage, de façon à recueillir une tension de  $7,6 v_{cc}$  à la sortie puis mesurer les taux de distorsion harmonique et d'intermodulation.

Voici les résultats :

### a) Au maximum de tension demandée par le cahier des charges

$R_a = 11 k\Omega$

$v_e : 1 v_{cc}$  et  $v_s : 7,6 v_{cc}$

DH totale : 1,25 % et DIM : 2,8 %

$R_a = 30 k\Omega$

$v_e : 0,8 v_{cc}$  et  $v_s : 7,6 v_{cc}$

DH totale : 0,45 % et DIM : 1,2 %

### b) Au maximum de tension correspondant à une excursion de $5 v_{cc}$

(voir figure 1)

$R_a = 11 k\Omega$

$v_e : 5 v_{cc}$  et  $v_s : 33 v_{cc}$

DH totale : 4,5 % et DIM : 16 %

$R_a = 30 k\Omega$

$v_e : 5 v_{cc}$  et  $v_s : 60 v_{cc}$

DH totale : 3,5 % et DIM : 9 %

Vous qui êtes habitués à des taux de distorsion annoncés par les constructeurs de : zéro, virgule et plein de zéros derrière, vous devez être surpris ! Et pourtant, sachez qu'un circuit à tube très simple comme celui qui nous sert pour les essais ne peut en aucun cas afficher des performances extraordinaires en terme de distorsions.

Certains tubes sont plus linéaires que d'autres, les taux vont varier légèrement, mais en aucun cas atteindre les performances que vous pourrez espérer obtenir avec des circuits élaborés.

## PREMIÈRE OBSERVATION

Dans le cas d'un circuit simple, il est recommandé d'installer le potentiomètre de réglage de niveau à l'entrée du montage. De cette façon, vous pourrez travailler dans une partie plus linéaire de la caractéristique de transfert.

C'est d'ailleurs la disposition retenue par la majorité des constructeurs de préamplificateurs et d'amplificateurs.

Diminuons de moitié la tension d'entrée en agissant sur le potentiomètre.

$R_a = 11 k\Omega$

$v_e : 0,5 v_{cc}$  et  $v_s : 3,3 v_{cc}$

DH totale : 0,47 % et DIM : 1 %

$R_a = 30 k\Omega$

$v_e : 0,4 v_{cc}$  et  $v_s : 3,3 v_{cc}$

DH totale : 0,22 % et DIM : 0,7 %

Comme vous le constatez, le niveau a baissé certes, mais les taux de distorsion ont baissé d'autant. C'est pour cette raison que lorsqu'on travaille avec des circuits simples, on préfère prévoir un étage au gain relativement élevé, quitte à atténuer le signal d'entrée au maximum.

## DEUXIÈME OBSERVATION

Plus la résistance de charge augmente, plus les taux de distorsion sont faibles. Mais alors, pourquoi diable avoir voulu faire un pied de nez à l'électronique traditionnelle en choisissant une charge aussi faible que  $11 k\Omega$  ?

Tout simplement pour vous montrer que la précédente affirmation n'est valable que lorsque **le tube est neuf** !

Empressons-nous de monter notre vieille 12AU7 usée sur le montage. Voici les résultats :

### a) Au maximum de tension demandée par le cahier des charges

Avec  $R_a = 11 k\Omega$  :

$v_e : 1,4 v_{cc}$  et  $v_s : 7,6 v_{cc}$

DH totale : 0,87 % et DIM : 1,8 %, (contre 1,25 % et 2,8 %)

Avec  $R_a = 30 k\Omega$  :

$v_e : 0,8 v_{cc}$  et  $v_s : 7,6 v_{cc}$

DH totale : 0,6 % et DIM : 1,8 % (contre 0,45 % et 1,2 %)

### b) Au maximum de tension correspondant à une excursion de $5 v_{cc}$

Avec  $R_a = 11 k\Omega$  :

$v_e : 5 v_{cc}$  et  $v_s : 20 v_{cc}$

DH totale : 2 % et DIM : 10 %, (contre 4,5 % et 16 %)

Avec  $R_a = 30 k\Omega$  :

$v_e : 5 v_{cc}$  et  $v_s : 40 v_{cc}$

DH totale : 3 % et DIM : 9 %

(valeurs identiques)

Cette chute spectaculaire de la distorsion avec la charge de  $11 k\Omega$  s'explique de la façon suivante : lorsque le tube vieillit, la valeur de la pente statique diminue (nous avons mesuré  $1,15 \text{ mA/volt}$  au lieu de  $2,2 \text{ mA/volt}$ ).

Ce qui revient à imaginer l'ensemble des courbes  $i_a = f(V_a)$  à  $V_g = \text{cte}$  (figure 1) qui s'inclinent vers la droite, en gardant un écartement relativement constant. Le point O' placé sur la droite  $R_a = 11 k\Omega$  reste pratiquement à la même place.

La tension  $V_a$  change très peu, malgré la chute de tension ( $257 \text{ V}$  au lieu de  $250 \text{ V}$ ). À l'inverse, avec la résistance de  $30 k\Omega$ ,  $V_a$  change beaucoup ( $193 \text{ V}$  au lieu de  $180 \text{ V}$ ).

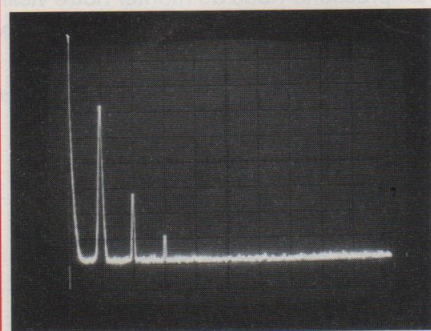
Le point O va donc se déplacer vers la droite sur la droite de charge.

Lors d'une étude sérieuse des circuits, en dehors des circuits de compensation, les constructeurs tiennent compte de la variation de la pente des tubes en fonction de leur vieillissement.

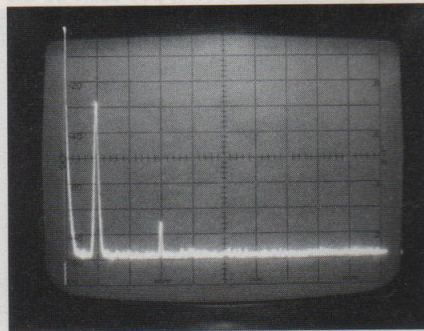
Le placement de la droite de charge sur le réseau  $i_a = f(V_a)$  à  $V_g = \text{cte}$  étant le résultat d'un compromis.

Mais ce qui reste le plus intéressant est

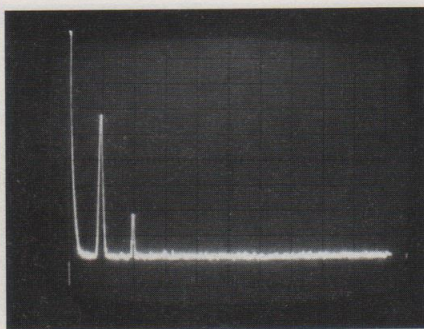
## ET SI ON PARLAIT : « TUBES »



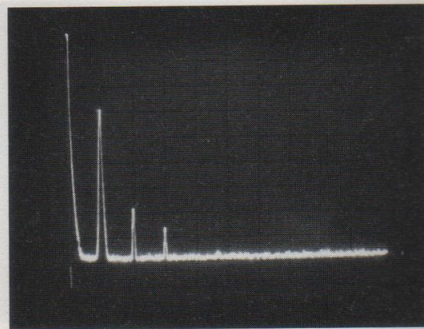
Tube neuf  $V_e : 5 V_{cc}$   $R_a = 11 k\Omega$



Tube neuf  $V_e : 5 V_{cc}$   $R_a = 30 k\Omega$

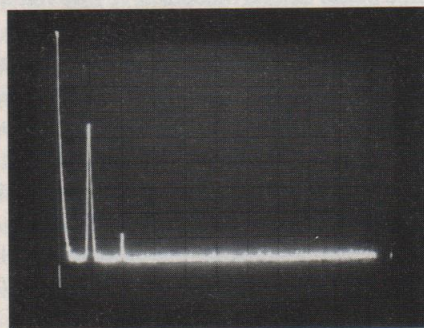


Tube usagé  $V_e : 5 V_{cc}$   $R_a = 11 k\Omega$

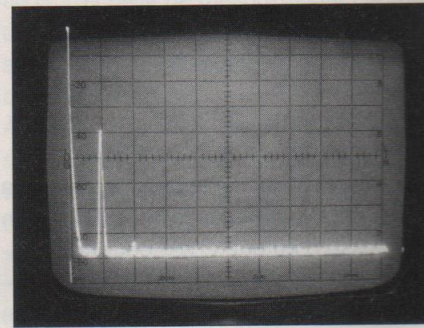


Tube usagé  $V_e : 5 V_{cc}$   $R_a = 30 k\Omega$

Figure 5



Tube neuf  $V_e : 1 V_{cc}/V_s = 7,6 V_{cc}/R_a = 11 k\Omega$   
DH : 1,25 %



Tube usagé  $V_e : 1,4 V_{cc}/V_s = 7,6 V_{cc}$   
 $R_a = 11 k\Omega/DH : 0,87 \%$

Figure 6

l'analyse spectrale des distorsions harmoniques avec  $R_a = 11 k\Omega$  et  $R_a = 30 k\Omega$  que nous avons reproduite en **figure 5**. La première série représente l'analyse pour une tension d'attaque maximale de 5 v crête à crête. Prédominance de la H2 dans tous les cas. Ce qui est normal puisqu'il s'agit de triodes. Vous pouvez constater la modification du contenu har-

monique entre les mesures sur le tube neuf et le tube usagé, en particulier l'apparition de H3 avec le tube usagé et  $R_a = 30 k\Omega$ , alors que H2 et surtout H3 diminuent pour  $R_a = 11 k\Omega$  avec le tube usagé, alors que H4 disparaît.

La deuxième série (**figure 6**) représente l'analyse spectrale de la distorsion pour la résistance  $R_a = 11 k\Omega$  à la tension de

sortie demandée par le cahier des charges : 7,6 vcc. Vous constaterez que, malgré la chute de gain du tube qui implique une tension plus importante à l'entrée pour obtenir la même tension de sortie (1,4 vcc au lieu de 1 vcc), la distorsion a fortement diminué et H3 a pratiquement disparu.

### ET SI NOUS ÉCOUTONS NOTRE MONTAGE ?

Tout d'abord, inversons les câbles du HP (« + » au « - », « - » au « + ») sur l'amplificateur afin de retomber en phase absolue. Dans le cas contraire, l'écoute serait bizarre sinon gênante. Insérons notre disque préféré dans le lecteur de CD. Commençons avec le tube neuf et la résistance de 30 kΩ.

Le son est correct sans plus, il y a tout de même quelque chose de gênant, une sorte de flou, de mélange bizarre, surtout si vous essayez le montage avec un enregistrement d'orchestre symphonique.

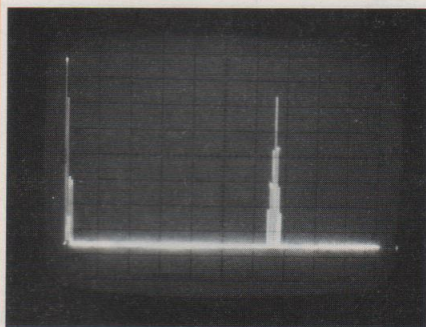
Introduisons maintenant la résistance de 11 kΩ.

Le son est soudain plus ouvert, plus dynamique, le flou a pratiquement disparu. Je vous rappelle que, dans ce cas, le taux de distorsion est bien plus important qu'avec la résistance de 30 kΩ.

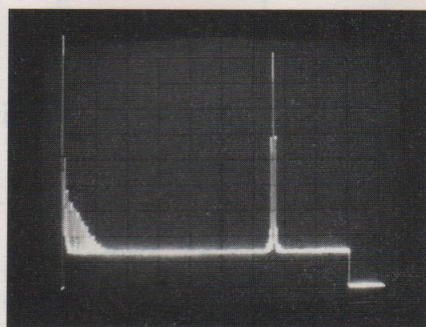
Installons ensuite le tube usagé sur notre montage.

Dans les deux cas, le gain a chuté, mais la mollesse et le flou dans le résultat auditif avec la résistance de 30 kΩ est encore plus flagrant, alors qu'avec la résistance de 11 kΩ le son semble encore plus dynamique et aéré. Deux raisons à cela. Tout d'abord et essentiellement la distorsion d'intermodulation. Si vous retrouvez le Led n°181, vous vous souviendrez que la distorsion d'intermodulation autour d'une fréquence de niveau relativement faible, superposée à une autre d'un niveau plus élevé, va donner naissance à une série de bandes latérales qui sont la somme et la différence des deux fréquences. Sur la **figure 7**,

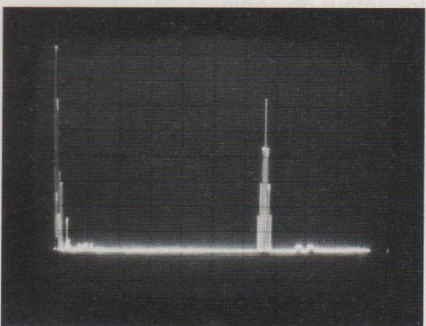
# LA 12AU7 EN PRÉAMPLIFICATION



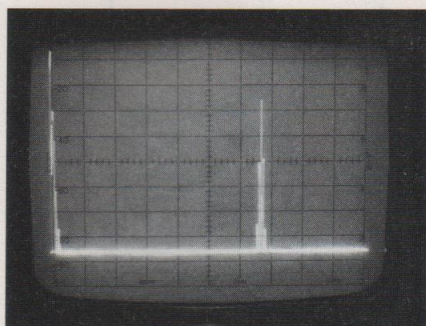
Tube neuf  $v_s : 7,6 v_{cc}/R_a = 30 k\Omega$   
DIM : 1,2 % (6 bandes latérales)



Tube neuf  $v_s : 7,6 v_{cc}/R_a = 11 k\Omega$   
DIM : 2,8 % (2 bandes latérales)



Tube usagé  $v_s : 7,6 v_{cc}/R_a = 30 k\Omega$   
DIM : 1,8 % (6 bandes latérales)



Tube usagé  $v_s : 7,6 v_{cc}/R_a = 11 k\Omega$   
DIM : 1,25 % (4 bandes latérales  
dont 2 à très bas niveau)

Figure 7 : Distorsion d'intermodulation F1 = 60 Hz, F2 = 6,7 kHz (rapport 1/4)

nous avons regroupé le spectre de distorsion d'intermodulation pour les deux charges, et avec les tubes neuf et usagé. Vous constaterez qu'avec la résistance de 30 kΩ apparaissent, à gauche et à droite de la fréquence centrale, trois bandes latérales, soit six fréquences en tout. Alors qu'avec la résistance de 11 kΩ, bien que le taux d'intermodulation mesuré soit plus élevé, seules deux bandes latérales apparaissent. C'est l'un des facteurs les plus importants en audio. Il faut comprendre que **tous les**

**phénomènes dits « subjectifs » ne sont pas mesurables.** Un spectre d'intermodulation, contenant plus de deux bandes latérales représentant la somme et la différence des deux fréquences de base, fabrique un son touffu et artificiel. La deuxième raison à la meilleure précision avec la charge de 11 kΩ vient de la bande passante. En effet, **une faible résistance de charge entraîne une moindre influence des capacités parasites.** L'effet Miller est surtout beaucoup moins actif (voir *Led* n°181) car le gain

est moins important.

La bande passante mesurée sur notre petit montage est la suivante :

$R_a = 11 k\Omega \rightarrow -1 \text{ dB à } 40 \text{ kHz}$   
 $\rightarrow -3 \text{ dB à } 100 \text{ kHz}$   
 $R_a = 30 k\Omega \rightarrow 1 \text{ dB à } 30 \text{ kHz}$   
 $\rightarrow -3 \text{ dB à } 60 \text{ kHz}$

Si nous avons équipé notre montage de la classique résistance de charge de 47 kΩ utilisée habituellement avec la 12AU7, la bande passante aurait accusé une chute de -3 dB à 20 kHz.

Ce problème des capacités parasites est le problème majeur des montages utilisant des triodes, bien qu'en audio il puisse être aisément surmonté.

Dans notre prochain article, nous traiterons des tétrodes et pentodes. Nous aborderons les tétrodes à faisceaux dirigés, utilisées dans la majorité des amplificateurs de puissance.

Une dernière réflexion avant de nous quitter. N'oubliez pas que notre série de cours sur l'électronique à tubes est essentiellement destinée à l'audio. La façon d'aborder certains problèmes peut choquer quelques puristes. Je demande à ces derniers de ne pas nous en vouloir mais, au contraire, de comprendre que **l'audio est essentiellement une science d'expérimentation** dont le but est d'écouter des sons et d'essayer de comprendre les phénomènes subjectifs à travers des mesures, et non l'inverse. Atteindre des taux de distorsion à peine mesurables est une démarche respectable, mais n'oubliez jamais que seule l'écoute *in vivo* de vos montages doit guider votre choix final.

Bonne écoute  
Rinaldo Bassi

**EDITIONS PÉRIODES**

2 à 12 rue de Bellevue

75019 Paris

Tél. : 01 44 84 88 28

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

# LE PUSH : INTÉGRÉ À 4 ENTRÉES

## AMPLIFICATEUR DE 2 x 12 W<sub>eff</sub> À ECL86

### PUSH-PULL EN ULTRA LINÉAIRE

L'ECL86 est une petite triode/pentode qui nous a « emballés ». Grâce à une sensibilité de seulement 500 mV en entrée, nous en avons profité pour doter cet appareil d'une commutation afin de pouvoir y raccorder quatre sources à haut niveau : CD, tuner, magnétophone...



**L'**ECL86 est le tube NOVAL qui permet de réaliser de par son contenu un push-pull dans un minimum d'encombrement, puisque uniquement 2 tubes sont nécessaires pour cette étude.

Nous disposons en effet pour notre projet de 2 triodes et de 2 pentodes :

- 1 triode est utilisée en préamplification
- la seconde en déphaseur cathodyne
- les 2 pentodes en push-pull de puissance, les anodes étant chargées par un transformateur d'impédance primaire  $Z_p$  de 9 k $\Omega$ .

### LE SCHÉMA ADOPTÉ

#### L'AMPLIFICATION

C'est celui de la **figure 1A** qui permet au premier coup d'œil de localiser les 3 étages du push-pull.

La modulation est appliquée en entrée à un potentiomètre de volume P1 dont le

curseur dose le niveau (l'amplitude du signal) avant de le transmettre à la grille de la triode préamplificatrice de T1.

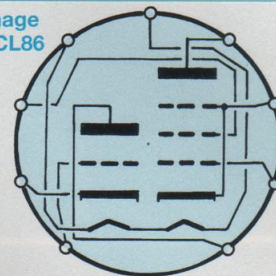
Un condensateur C1 isole l'entrée de l'amplificateur, de la source en amont, en bloquant toute composante continue qui pourrait se présenter aux bornes de P1.

La grille est chargée par une résistance de forte valeur R3 de 2,2 M $\Omega$ .

Dans la cathode, nous retrouvons le traditionnel réseau de polarisation R1-R2-C2. Le condensateur de découplage C2 stabilise le potentiel de la cathode qui, ainsi, ne dépend plus que du seul courant anodique.

La limitation aux basses fréquences, liée à la relation  $f_c = 1/2 \pi \cdot R1 \cdot C2$  intervient aux alentours de 1,25 Hz, bien après que le transformateur de sortie ait refusé de travailler (vers 10 Hz). La contre-réaction C10/R16 est appliquée à la résistance de « pied » R2 de faible valeur (R2/22  $\Omega$ ). Le condensateur C10 permet de lisser les

Brochage de l'ECL86



plateaux des signaux carrés à la fréquence de 10 kHz, en supprimant les sur-oscillations dues à l'effet selfique du transformateur de sortie.

La charge d'anode est constituée d'une résistance R4 de 220 k $\Omega$ , résistance shuntée par un réseau série R5/C3. Ce réseau permet de réduire le gain aux fréquences élevées de façon automatique sans augmenter le déphasage, en jouant sur la valeur de l'impédance  $Z_c$  de C3, de par la relation  $Z = 1 / C \cdot \omega$ .

Nous trouvons également à ce niveau le condensateur de liaison C4 qui prélève la modulation amplifiée tout en bloquant la tension continue de polarisation d'anode. Elle est de l'ordre de +145 V. L'autre extrémité de C4 est reliée à la grille de la deuxième triode, triode montée ici en déphaseur cathodyne.

De ce fait, les résistances d'anode et de cathode ont la même valeur.

R10 et R8 sont portées à 33 k $\Omega$ .

Au point commun de R7-R8 et R9, la tension continue est de l'ordre de +41 V alors qu'elle est d'environ +245 V sur l'anode.

Les condensateurs C7 et C8 prélèvent deux signaux de même amplitude, mais en opposition de phase, signaux qui sont alors appliqués aux grilles de « commande » des pentodes des ECL86. Les grilles sont chargées par des résistances de 470 k $\Omega$  (R12 et R14). Les résistances R11 et R13 de 1 k $\Omega$  permettent de stabiliser le fonctionnement des pentodes en les empêchant d'entrer en oscillation. Les deux cathodes sont reliées entre elles et sont chargées par une résistance commune R15 de 150  $\Omega$ . Cette résistance est également découplée par un condensateur C9 (comme pour la triode

# UNE ÉTONNANTE PRÉCISION D'ÉCOUTE

Figure 1A

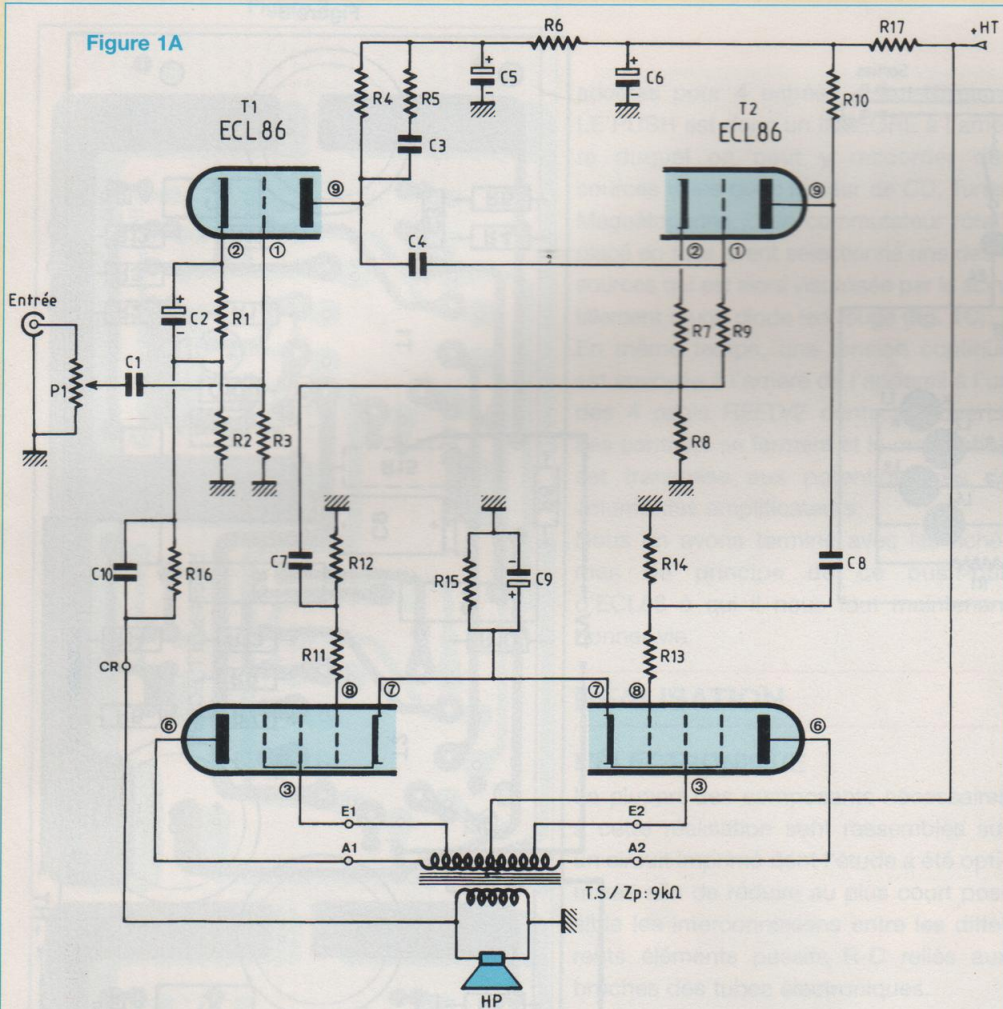
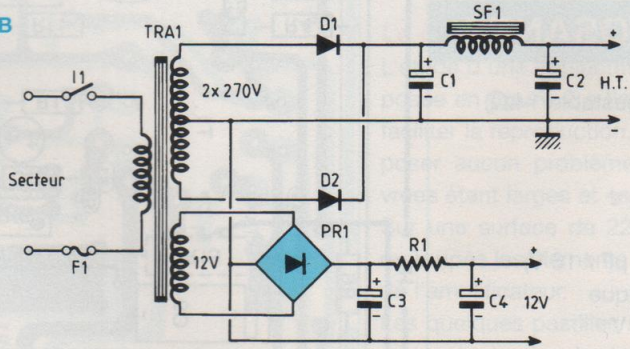


Figure 1B



d'entrée avec C2). La réponse aux basses fréquences dépend donc de la valeur donnée à C9. Plus C9 est important et plus la bande passante s'élargie dans le bas du spectre. Avec une capacité de 100  $\mu\text{F}$  on peut compter descendre à 10 Hz à -3 dB. Rien n'empêche d'augmenter C9 (220  $\mu\text{F}$  par exemple), la fréquence de coupure  $f_c$  est alors reculée à 4,8 Hz.

Les prises «écran» des pentodes sont reliées à des prises intermédiaires du transformateur de sortie TS1, le fonctionnement du push-pull est donc du type ULTRA LINÉAIRE/classe A-B puisque les cathodes sont chargées par la résistance R15 et non reliées à la masse.

Les anodes chargent les extrémités de TS1 dont l'impédance primaire  $Z_p$  est de 9 k $\Omega$ .

Le point milieu est quant à lui relié à la haute tension, portée à environ +335 V. La contre-réaction C10/R16 est appliquée à une extrémité du secondaire de TS1, tandis que l'autre extrémité est référencée à la masse.

L'alimentation des ECL86 est obtenue à partir d'une H.T. de +335 V environ.

Deux cellules de filtrage R6/C5 et R17/C6 «nettoient» la tension continue de tout résiduel alternatif néfaste, surtout pour la triode préamplificatrice dont le gain en tension est d'environ de 17.

Sur le schéma n'est pas porté le chauffage filament des ECL86 qui s'effectue aux broches 4 et 5 comme pour tout tube de la série NOVAL. Cette tension est de 6,3 V avec une consommation de 0,3 A par «ampoule».

Ayant à notre disposition un transformateur surdimensionné fournissant une tension alternative de 12 V~ (transformateur ACEA), nous relierons les filaments des ECL86 en série pour pouvoir utiliser correctement cet enroulement.

## L'ALIMENTATION

L'alimentation générale, **figure 1B**, reste simple et s'apparente à celle de l'amplificateur LE CLASSIQUE publié dans notre numéro 146 (push pull EL34).

Nous sélectionnons pour la haute tension les deux enroulements de 270 V~, ce qui permet d'obtenir après redressement par 2 diodes et filtrage de tête une tension continue à vide de +380 V.

La faible chute de tension dans la self allié à sa grande efficacité donnent aux bornes du deuxième condensateur C2 environ +335 V avec une résiduelle alternative inexistante.

Le chauffage des filaments s'effectue en continu pour s'assurer que LE PUSH, en absence de modulation, restera muet même chargé par des enceintes à haut rendement.

## LE SÉLECTEUR

Comme pour l'étude du QUATUOR (Led N°140), nous avons prévu en complément de l'amplification un sélecteur de

# PUSH-PULL D'ECL86 EN ULTRA-LINÉAIRE

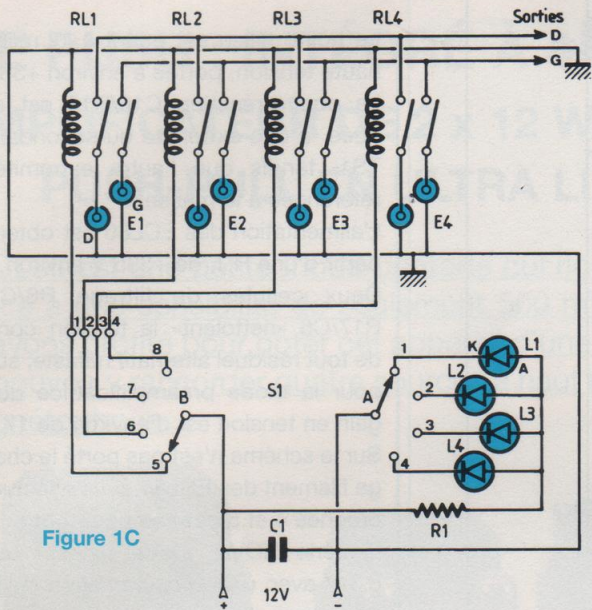


Figure 1C

## NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

### MODULE AMPLIFICATEUR (composants à prévoir en double exemplaire)

#### - Résistances à couche $\pm 5\%$

R1 : 2,7 k $\Omega$   
 R2 : 22  $\Omega$   
 R3 : 2,2 M $\Omega$   
 R4 : 220 k $\Omega$   
 R5 : 22 k $\Omega$   
 R6 : 33 k $\Omega$   
 R7 : 1 k $\Omega$   
 R8 : 33 k $\Omega$   
 R9 : 2,2 M $\Omega$   
 R10 : 33 k $\Omega$   
 R11 : 1 k $\Omega$   
 R12 : 470 k $\Omega$   
 R13 : 1 k $\Omega$   
 R14 : 470 k $\Omega$   
 R15 : 150  $\Omega$  / 2 ou 3 W

R16 : 390  $\Omega$  (ou ajustable 1 k $\Omega$ )  
 R17 : 22 k $\Omega$ /1 W

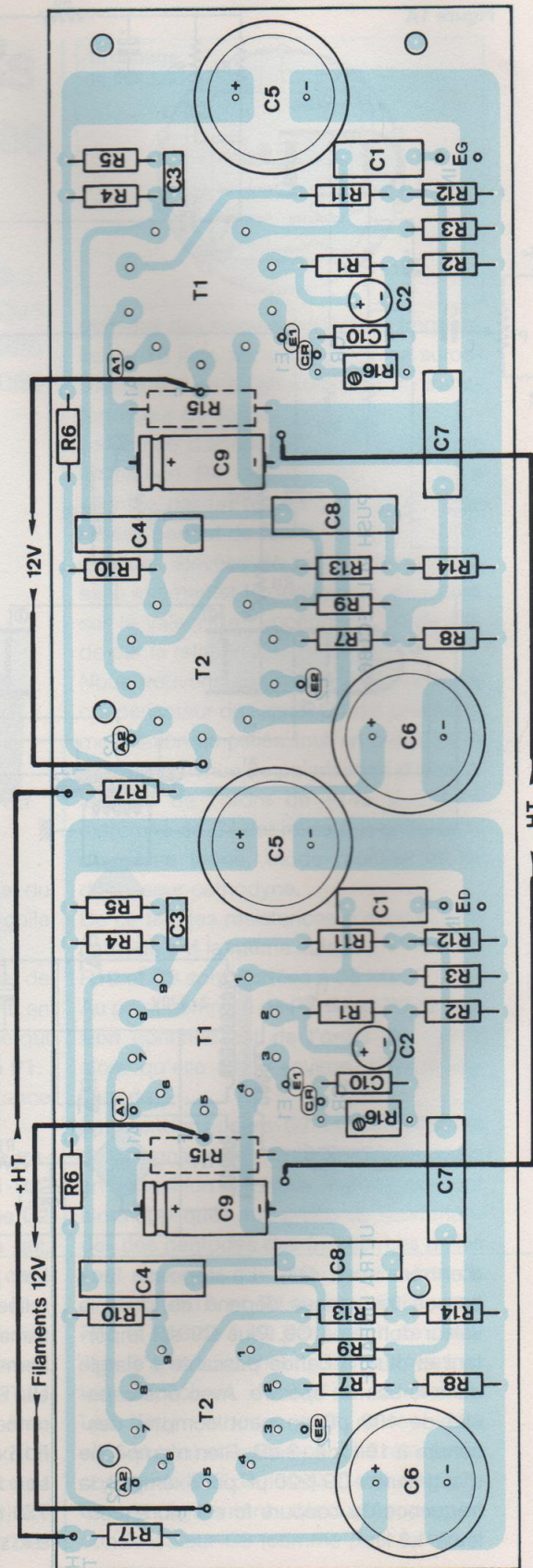
#### - Condensateurs

C1 : 1  $\mu$ F / 100 V  
 C2 : 47  $\mu$ F (ou 68  $\mu$ F / 16 V)  
 C3 : 68 pF céramique  
 C4 : 100 nF / 250 V  
 C5 : 100  $\mu$ F / 400 V  
 C6 : 100  $\mu$ F / 400 V  
 C7 : 100 nF / 250 V  
 C8 : 100 nF / 250 V  
 C9 : 47  $\mu$ F (ou 68  $\mu$ F / 16 V)  
 C10 : 2,2 nF

#### - Divers

T1 - T2 : ECL86  
 2 supports NOVAL pour C.I.  
 Picots à souder

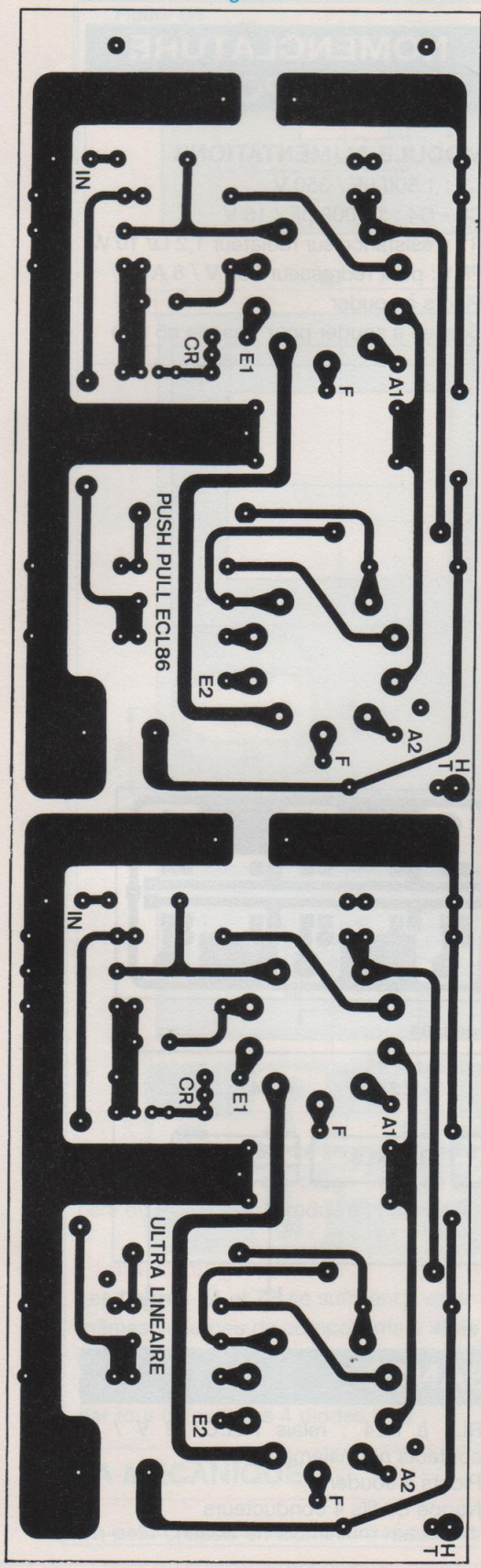
Figure 3





# UNE ÉTONNANTE PRÉCISION D'ÉCOUTE

Figure 2



sources pour 4 entrées «Haut-Niveau». LE PUSH est donc un INTÉGRÉ à l'arrière duquel on peut y raccorder des sources telles que : lecteur de CD, Tuner, Magnétophone... Un commutateur rotatif placé en face avant sélectionne une des 4 sources qui est alors visualisée par le scintillement d'une diode led rouge (fig. 1C).

En même temps, une tension continue est envoyée à l'arrière de l'appareil à l'un des 4 relais REED/2 contacts ouverts. Les contacts se ferment et la modulation est transmise aux potentiomètres de volume des amplificateurs.

Nous en avons terminé avec les schémas de principe de ce push-pull d'ECL86 à qui il nous faut maintenant donner vie.

## RÉALISATION

### L'ÉLECTRONIQUE

La plupart des composants nécessaires à cette réalisation sont rassemblés sur un circuit imprimé dont l'étude a été optimisée afin de réduire au plus court possible les interconnexions entre les différents éléments passifs R-C reliés aux broches des tubes électroniques.

### Le circuit imprimé principal

L'étude d'une implantation vous est proposée en figure 2 à l'échelle 1 afin d'en faciliter la reproduction, ce qui ne doit ici poser aucun problème, les pistes cuivrées étant larges et espacées.

Sur une surface de 224 x 67 mm sont regroupés les éléments des deux canaux de l'amplificateur.

Les quelques pastilles servant aux interconnexions avec les composants hors-circuit sont repérées par des lettres.

### Le câblage

Le plan de câblage détaillé de la figure 3 et la nomenclature doivent vous permettre d'insérer les composants sur le circuit imprimé sans commettre d'erreur, ce qui serait dommage, LE PUSH devant fonctionner dès la première mise sous tension.

Les pastilles repérées A2-E2-A1-E1-CR sont à relier, au moyen de fils de câblage de différentes couleurs, au transformateur de sortie. Au moment de l'étude du circuit imprimé, nous avons prévu pour R16 (résistance de contre-réaction) la possibilité de souder soit une résistance soit un ajustable multitours.

Pour les possesseurs d'un générateur et d'un oscilloscope, l'ajustable permet de «peaufiner» la contre-réaction en observant les paliers du signal carré à 10 kHz. Les supports NOVAL sont à souder côté pistes cuivrées, de même que les résistances de cathodes R15 et les 4 fils d'alimentation des filaments.

Ainsi positionnées, la chaleur va aisément s'évacuer vers le coffret métallique. Ayant surdimensionné la puissance de ces résistances R15 (3 watts), elles ne devraient pas souffrir même lors d'écoutes intensives.

### Le circuit imprimé de l'alimentation

Il permet de rassembler les quelques composants nécessaires au redressement et au filtrage des «basse» et «haute» tensions. L'implantation vous est communiquée en figure 4, toujours à l'échelle 1.

### Le câblage

Vu l'échauffement non négligeable du pont de diodes relié à l'enroulement 12 V~ du transformateur, celui-ci est ou vissé au fond du coffret ou coiffé d'un dissipateur mais non soudé au C.I. La dissipation thermique est ainsi assurée.

Le condensateur de filtrage de 1 500 µF en boîtier C039 est par contre vissé directement au circuit imprimé. Il lui assure ainsi son maintien sans avoir recours à une bride de fixation.

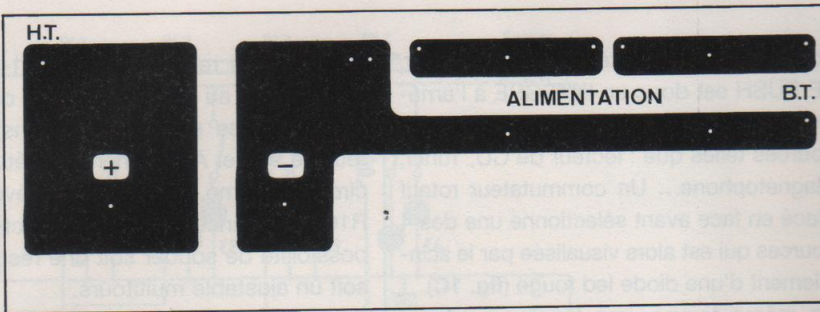
Le plan de câblage fait l'objet de la figure 5. Il est précis et ne nécessite pas de commentaires superflus.

### Les C.I. du sélecteur de source

Le premier, situé en face avant avec son commutateur 3 circuits / 4 positions fait

# PUSH-PULL D'ECL86 EN ULTRA-LINÉAIRE

Figure 4



## NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

### MODULE ALIMENTATIONS

- C2 : 1 500  $\mu$ F / 350 V
- C3 - C4 : 10 000  $\mu$ F / 16 V
- R1 : résistance sur radiateur 1,2  $\Omega$  / 10 W
- PR1 : pont redresseur 600 V / 8 A
- Picots à souder
- Cosses à souder pour visserie  $\varnothing$ 5 mm

Figure 5

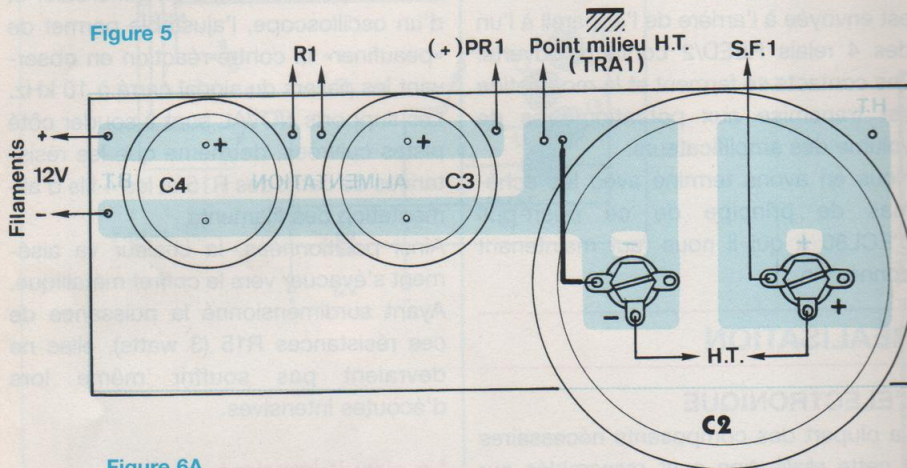


Figure 6A

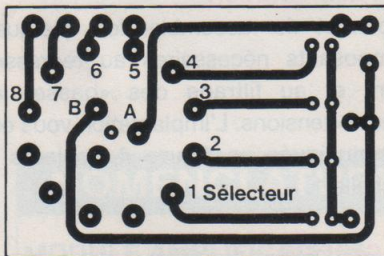


Figure 6B

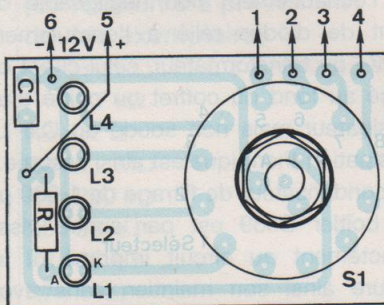
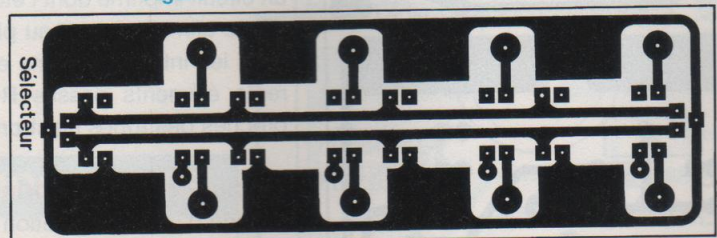
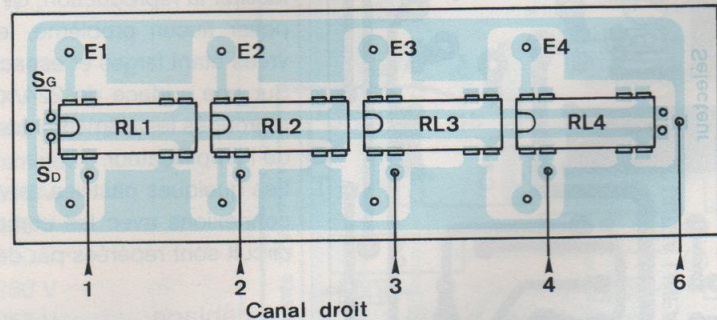


Figure 7A

Figure 7B



## NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

### MODULE DE SÉLECTION SOURCE

- L1 à L4 : diodes Leds  $\varnothing$ 3 mm rouges

- C1 : 1  $\mu$ F / 63 V
- R1 : 680  $\Omega$  / 1 W
- S1 : commutateur LORLIN 3 circuits / 4 positions pour C.I.

- RL1 à RL4 : relais REED 12 V / 2 contacts normalement ouverts
- Picots à souder
- Nappe de fils 4 conducteurs

# UNE ÉTONNANTE PRÉCISION D'ÉCOUTE

Figure 8A

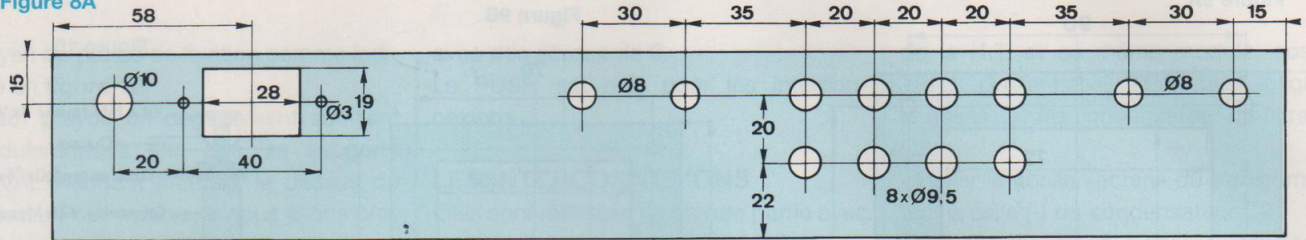


Figure 8B

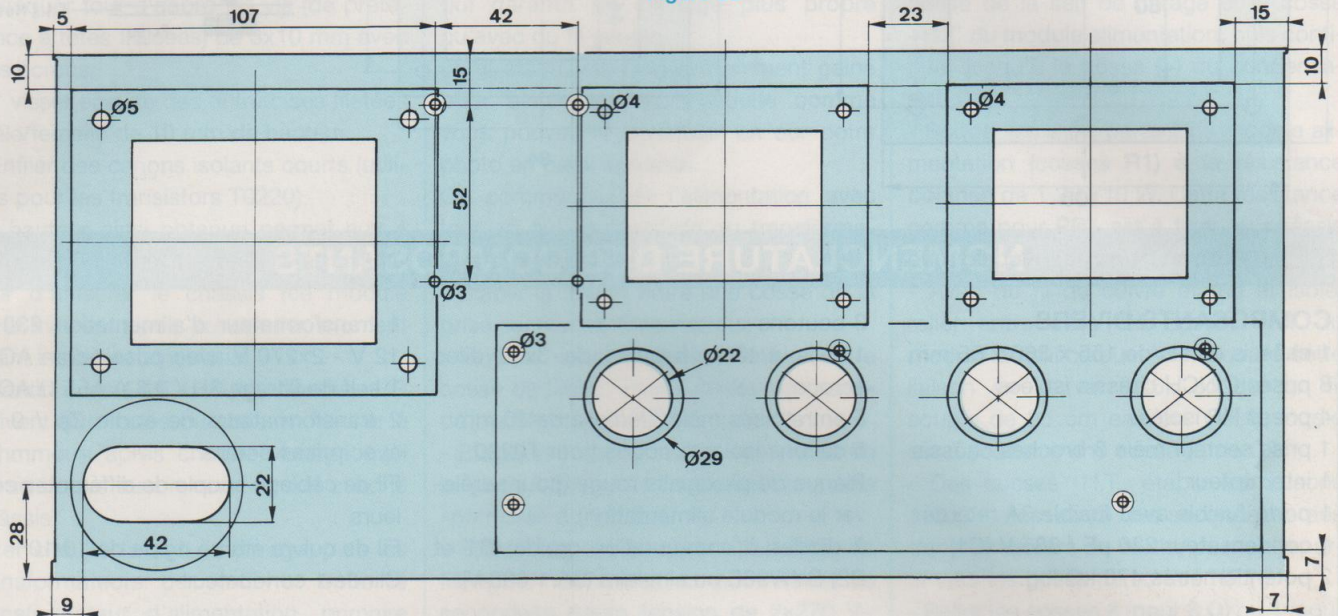
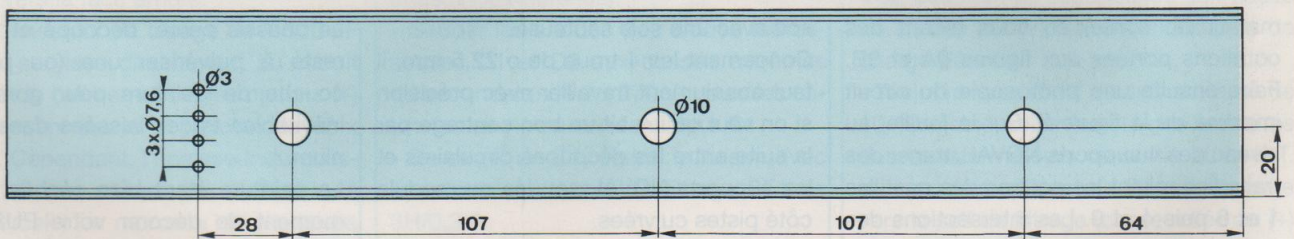


Figure 8C



l'objet de la **figure 6A**. Le second, qui sera directement soudé aux prises Cinch à l'arrière du PUSH est reproduit en **figure 6B**.

## - Leur câblage

Les **figures 7A** et **7B** se suffisent à elles-mêmes vu le peu de composants à insérer sur les circuits imprimés...

Précisons toutefois qu'il ne faut pas souder tout de suite les 4 diodes leds.

## LA MÉCANIQUE

Un petit châssis en aluminium mesurant

155 x 360 x 55 mm suffit pour cette réalisation de moyenne puissance. Le PUSH est un bloc amplificateur stéréophonique compact.

La **figure 8** donne toutes les indications qui permettent de travailler les 3 faces de ce boîtier en aluminium.

La **figure 8A** représente la face arrière avec les différents perçages nécessaires au vissage de toutes les prises (entrées, sorties, secteur).

La **figure 8C**, la plus dépouillée, montre la face avant qui ne reçoit que les potentiomètres de volume, le commu-

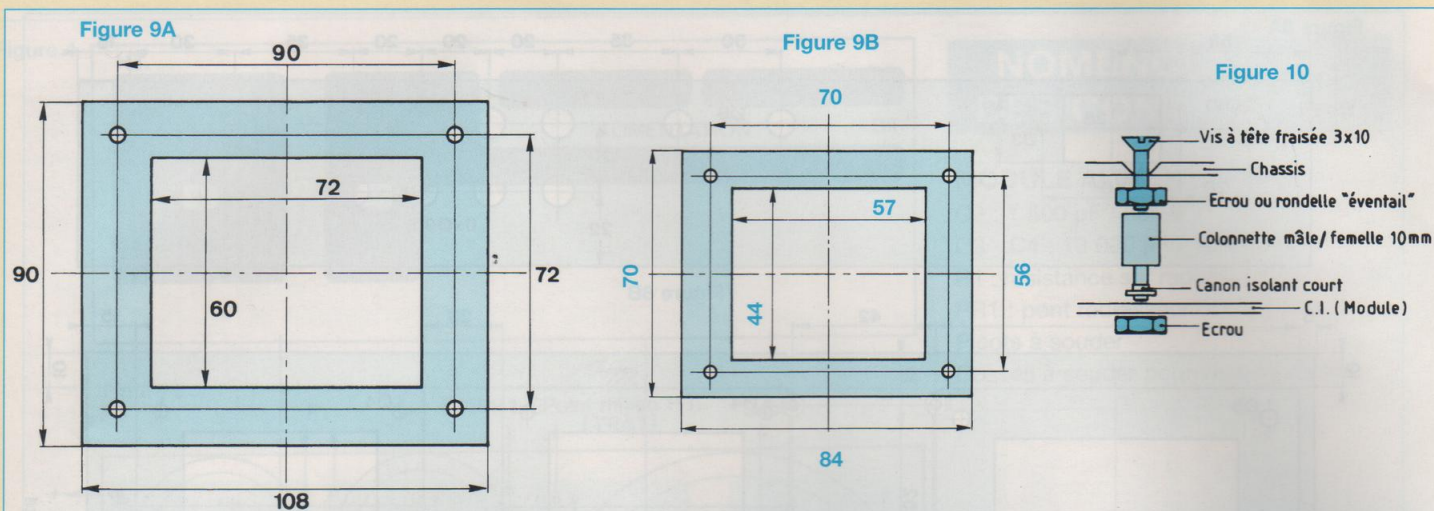
tateur de fonction et ses 4 leds. Le travail le plus délicat se rencontre évidemment en **figure 8B**, avec ses perçages, ses découpes, ses emboutissages à l'emporte-pièce...

Afin de ne pas surcharger en cotations précises cette figure 8B, nous allons voir ensemble comment contourner les problèmes.

Nous avons à positionner 3 transformateurs à l'arrière du châssis.

Sur une feuille de papier (ou de calque), dessiner ces volumineux éléments (en 2 exemplaires pour le transfor-

# PUSH-PULL D'ECL86 EN ULTRA-LINÉAIRE



## NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

### COMPOSANTS DIVERS

1 châssis en alu de 155 x 360 x 55 mm  
 8 prises CINCH châssis isolées  
 4 prises HP isolées  
 1 prise secteur mâle 3 broches châssis  
 1 interrupteur  
 1 porte-fusible avec fusible 3A retardé  
 1 condensateur 220 µF / 385 V (C1)  
 2 potentiomètres 470 kΩ log.

3 boutons  
 11 vis à têtes fraisées de 3x10 avec écrous  
 5 entretoises mâle / femelle de 10 mm  
 5 canons isolants courts pour T0220  
 Plaque de plexiglass rouge (pour surélever le module alimentation)  
 2 diodes à commutation rapide (D1 et D2) BYW96E ou similaire (3A/1 000 V)

1 transformateur d'alimentation 230 V / 12 V - 2x270 V avec prise écran ACEA  
 1 self de filtrage 3H / 0,3 A / 55 Ω ACEA  
 2 transformateurs de sortie Zp / 9 kΩ avec prises écrans  
 Fil de câblage souple de différentes couleurs  
 Fil de cuivre étamé rigide de 10/10°  
 Blindé 1 conducteur

mateur de sortie) en vous aidant des cotations portées aux figures 9A et 9B. Faire ensuite une photocopie du circuit imprimé de la figure 2. Sur la feuille, au niveau des 4 supports NOVAL, tracer des traits fins reliant les centres des pastilles 1 et 6 puis 4 et 9. Les intersections des droites repèrent avec précision les centres des trous de  $\varnothing 22,5$  mm que nous allons obtenir à l'emporte-pièce (attention il faut travailler avec soin).

Tracer sur le châssis au crayon papier les indications portées en figure 8B, puis coller les rectangles représentant les transformateurs et le circuit imprimé. Pointer les différents trous des fixations, sans oublier les 4 centres des supports de tubes.

Découper les fenêtres rectangulaires des transformateurs puis, avec une pointe à tracer, marquer en rayant la matière les surfaces à enlever. Elles seront ôtées soit avec une scie munie d'une lame abrasif,

soit avec une scie sauteuse.

Concernant les 4 trous de  $\varnothing 22,5$  mm, il faut absolument travailler avec précision si on veut qu'il y ait un bon centrage par la suite entre les découpes circulaires et les supports NOVAL soudés au module côté pistes cuivrées.

L'emporte-pièce étant équipé d'une vis de serrage de  $\varnothing 10$  mm, les 4 trous devront être forés à  $\varnothing 11$  mm. Pour se garantir un bon centrage, utiliser une suite de forets bien aiguisés de diamètres croissants :  $\varnothing 3, 4, 5, 6 \dots$  mm. Découper le papier à l'intérieur des 9 pastilles des supports pour faciliter les perçages.

Avant de commencer le serrage et afin de s'assurer que l'emporte-pièce est bien centré, il peut être utile de dessiner en complément des cercles de  $\varnothing 29$  ou  $\varnothing 30$  mm de diamètre. Ils vont ainsi encadrer la bague de l'emporte-pièce (voir fig 8B) et indiquer le centrage correct.

Le châssis percé, découpé et ébavuré, reste à pulvériser une (ou plusieurs) couche de peinture pour gommer les inévitables traces laissées dans l'aluminium.

La peinture étant bien séchée, c'est le moment de décorer votre PUSH avec des transferts blancs ou dorés.

La mise en place par la suite des prises, potentiomètres et autres éléments ne faciliterait pas ce délicat travail qui donnera une fois terminé une touche professionnelle à votre réalisation.

### Équipement du châssis

Commencer par le vissage des éléments légers tels que prises et potentiomètres. Les axes des potentiomètres et du commutateur, seront sciés en fonction des boutons utilisés (à environ 15 mm des canons filetés).

Le maintien du module amplificateur au fond du châssis se fait en 5 points, au

moyen de pattes de fixation comme indiqué en **figure 10**.

Il faut prévoir un dégagement suffisant module/châssis afin que les supports NOVAL viennent affleurer le dessus du châssis. Pour y parvenir nous allons procéder comme suit :

- Bloquer tout d'abord les vis (de préférence à têtes fraisées) de 3x10 mm avec des écrous.

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

- Enfiler des canons isolants courts (utilisés pour les transistors T0220).

La hauteur ainsi obtenue permet aux 4 supports soudés au module amplificateur d'affleurer le châssis (ce module sera mis en place au dernier moment avant les interconnexions).

Attention, les CINCH et les borniers HP doivent être isolés du châssis. Vérifier à l'ohmmètre après chaque vissage qu'il ne se trouve aucun court-circuit avec le châssis.

Fixer ensuite la self de filtrage, puis les transformateurs de sortie et enfin le transformateur d'alimentation, primaire orienté vers la face arrière.

Le condensateur de filtrage de 1 500  $\mu\text{F}$  / 350 V se visse directement au circuit imprimé de l'alimentation, les canons (+) et (-) passant par le trou oblong de 42 x 22 mm. Cependant, l'épaisseur du châssis de 1,5 mm n'étant pas suffisante, il faut intercaler un morceau de plexiglass de 3 à 4 mm (ou 2 épaisseurs de circuit imprimé superposées).

**Attention**, il faut fixer le commutateur de fonction en face avant, avant le circuit d'alimentation.

Visser le commutateur et engager les diodes électroluminescentes à fond dans les trous de  $\varnothing$  3 mm en face avant.

Souder celles-ci aux pastilles cuivrées (on suppose que ces diodes sont bien orientées !).

Souder des picots ronds aux 8 prises Cinch, ils vont servir «d'interface» entre celles-ci et le module portant les relais. Engager le module amplificateur dans ses 5 pattes de fixation et l'immobiliser

avec des écrous de 3.

Le PUSH est prêt pour les interconnexions

## LES INTERCONNEXIONS

Elles sont réalisées en grande partie avec du fil de cuivre rigide étamé de 10/10<sup>e</sup>, ce qui garantit un câblage plus propre qu'avec du fil souple.

Le fil étamé est bien évidemment gainé pour éviter les court-circuits comme vous pouvez le constater en sur notre photo en page suivante.

On commence par l'alimentation avec tout ce qui se raccorde au transformateur d'alimentation.

- Etablir la liaison entre une cosse de la prise secteur et l'interrupteur.

- Souder un porte-fusible entre l'autre cosse de l'inter. et une cosse «primaire» du transformateur (230 V~).

- Etablir la liaison entre l'autre cosse de la prise secteur et la deuxième cosse «primaire» du transfo.

- Souder la patte (-) du condensateur de filtrage C1 de 220  $\mu\text{F}$  au point milieu du secondaire haute tension de 2x270 V~ (masse de référence).

- Souder les anodes des diodes redresseuses D1 et D2 aux cosses extrêmes du secondaire de 2 x 270 V~, puis les cathodes au (+) du condensateur C1.

- De ce (+) de C1, établir la liaison avec une cosse de la self de filtrage SF1 de 3H/0,3 A.

- Souder directement les pattes du pont redresseur PR1 de la façon suivante :

- \* Patte (-) à la cosse 12 V~ du transformateur.

- \* Patte (-) au point milieu de la haute tension (H.T.).

- \* Etablir la liaison entre l'autre patte (-) de PR1 (située normalement en haut à droite) et la cosse 0 V de l'enroulement 12 V~.

- \* Etablir la liaison entre la dernière patte, le (+) de PR1 et le module «alimentation», cosse (+) PR1, visible en figure 5.

- Etablir la liaison entre le point milieu

de la H.T. et ce même module, cosse TRA1. De la cosse TRA1 aller jusqu'à la cosse (-) du condensateur de filtrage C2.

- Relier la cosse «écran» du transformateur à celle (-) du condensateur C2.

- Etablir la liaison entre la deuxième cosse de la self de filtrage et la cosse +H.T. du module alimentation, puis continuer jusqu'à la cosse (+) du condensateur C2.

- Souder les 2 fils partant du module alimentation (cosses R1) à la résistance bobinée de 1,2  $\Omega$ /10 W. Cette résistance comme pour PR1 est à fixer au châssis ou à plaquer contre un dissipateur.

- Avec du fil de cuivre étamé et isolé, relier entre elles les cosses -HT du module amplificateur. Au milieu de cette liaison en U (vers C6), souder un fil souple de 25 cm environ. Ce fil souple est à souder à une cosse (-) de C2.

- Des cosses -H.T., établir les liaisons avec les cosses (0) des secondaires des transformateurs de sortie, puis en repartir vers les prises de sorties HP (-).

- Relier les cosses 8 (pour 8  $\Omega$ ) ou 4 (pour 4  $\Omega$ ) des mêmes secondaires aux prises de sorties HP (+), selon l'impédance de charge désirée.

- Toujours avec du fil de cuivre étamé de 10/10<sup>e</sup> gainé, relier les (+) des primaires des transformateurs de sortie aux +H.T. du module amplificateur. Repartir ensuite vers la self de filtrage (cosse reliée au (+) de C2).

- Etablir les liaisons entre les picots A2-E2-A1-E1-CR du module et les transformateurs de sortie (cosses P, E et 4  $\Omega$ ).

- Souder 2 à 2 les fils d'alimentation des filaments des ECL86 au module alimentation (cosses à gauche de C4). Repérez bien les fils en les «sonnant» à l'ohmmètre.

- Relier la cosse (-) de C2 au châssis avec du fil souple. Sur le prototype cette liaison est établie au moyen d'une cosse à souder vissée à une patte de fixation du module amplificateur (au-dessus de C5).

- Relier les picots 5 et 6 du module

## PUSH-PULL D'ECL86 EN ULTRA-LINÉAIRE

sélecteur (figure 7A) à l'alimentation 12 V, le (-) à la cosse (-) de C2, le (+) au (+) du pont PR1.

- Avec du blindé 1 conducteur, relier les entrées Ed et Eg du module amplificateur aux potentiomètres de volume, la tresse de masse sur la cosse de droite, l'âme du conducteur sur la cosse centrale.

Il nous faut maintenant mettre en place le module de commutation équipé des relais REED.

- Relier entre elles les 8 cosses de masse des prises Cinch avec du fil de cuivre étamé de 10/10° et vérifier une dernière fois leur isolement d'avec le châssis à l'ohmmètre.

- Relais orientés vers la face arrière et inscription «Sélecteur» située vers la droite, enfoncer le module dans les 8 picots soudés aux Cinch. Souder celui-ci pour l'immobiliser (8 pastilles).

- Souder le fil de cuivre réunissant toutes les cosses des Cinch au picot de masse du module, côté opposé à l'inscription «sélecteur».

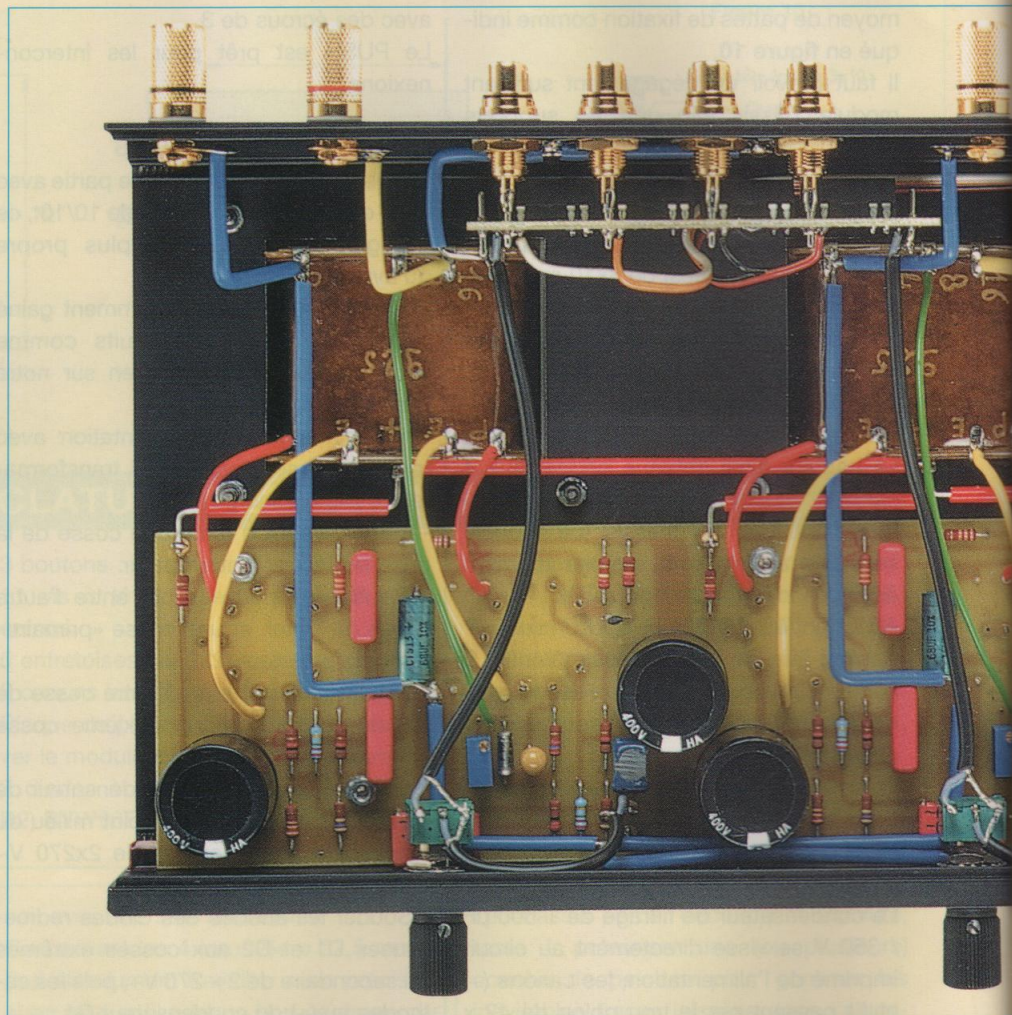
- Avec du blindé 1 conducteur, souder la tresse au même picot de masse, puis l'âme à l'une des 2 pastilles situées face à ce picot. Relier l'autre extrémité du blindé au potentiomètre de volume, l'âme étant soudée sur la cosse de droite restée libre.

- Faire de même de l'autre côté du module «sélecteur» en choisissant la pastille non utilisée afin d'avoir de la stéréo et non de la mono à écouter.

Le câblage est terminé. Le PUSH est prêt pour vous charmer dès la première mise sous tension si vous n'avez pas commis une erreur d'interconnexion, ce que vous pouvez toujours contrôler en vous reportant à la photo ci-dessus.

### PREMIÈRE MISE SOUS TENSION

Pour vous elle sera sans surprise, le PUSH ayant été optimisé avant d'être publié. Pour nous à la Rédaction c'est toujours un moment d'angoisse, un prototype ne fonctionnant jamais du premier



coup parfaitement, ne serait-ce qu'au niveau du bruit de fond (ronflette, souffle...).

Nous pouvons dire qu'avec cette étude c'est la réussite totale, l'appareil sous tension nous n'entendons strictement rien dans les enceintes, à un tel point qu'au moment de lancer le premier CD pour «l'écoute vérité», nous pensions que le fusible avait fondu après avoir actionné l'interrupteur.

Pour les lecteurs qui désirent vérifier quelques tensions, voici ce qu'ils doivent obtenir par rapport à la masse (châssis du PUSH) et une haute tension de +335 V.

#### Tube T1

\* Patte 9 : environ +160 V

\* Patte 7 : environ +11 V

\* Patte 6 : environ +332 V

\* Patte 3 : environ +336 V

#### Tube T2

\* Patte 9 : environ +250 V

\* Patte 7 : environ +11 V

\* Patte 6 : environ +333 V

\* Patte 3 : environ +336 V

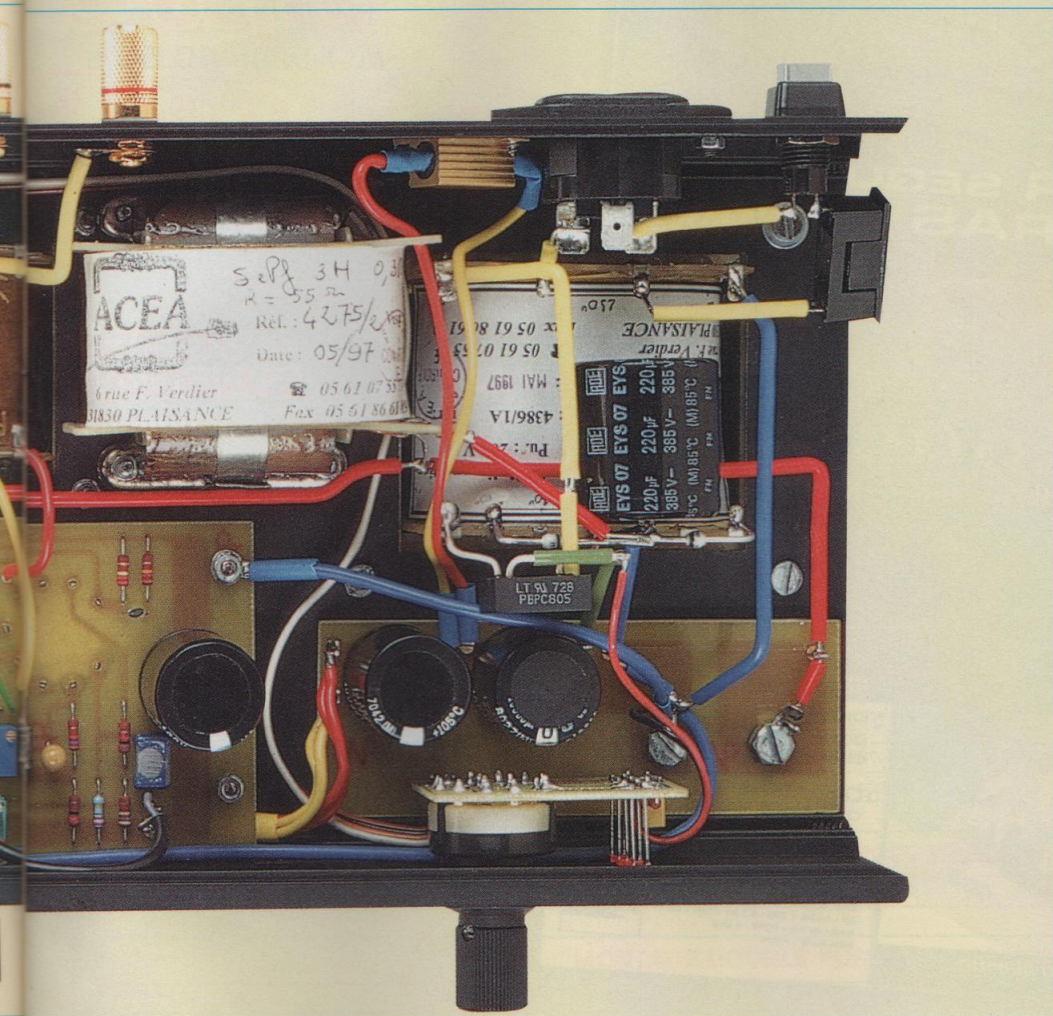
#### Aux bornes de R8

Environ +45 V

### QUELQUES MESURES

Comme pour toutes nos réalisations en audio, nous vous livrons quelques oscillogrammes qui attestent de la bonne santé du PUSH et de son tonus avec un grave foudroyant et un superbe carré à 10 kHz. La puissance de 2x12 Weff est suffisante pour des écoutes domestiques avec des

# UNE ÉTONNANTE PRÉCISION D'ÉCOUTE



enceintes de 92 à 94 dB de rendement équipées d'un bon boomer.

La sensibilité des entrées est de 545 mVeff, ce qui permet de raccorder le PUSH à toute source haut-niveau et de «se passer» d'un préamplificateur.

## L'ÉCOUTE

Nous l'avons faite tout d'abord à la rédaction avec les enceintes Lyrr de Triangle. Bien qu'étant d'un rendement moyen (92 dB), le PUSH les remue sans ménagement et sans jamais s'essouffler. Nous retrouvons toute la tenue dans le grave, avec une grande précision dans le médium et un aigu d'une finesse exemplaire.

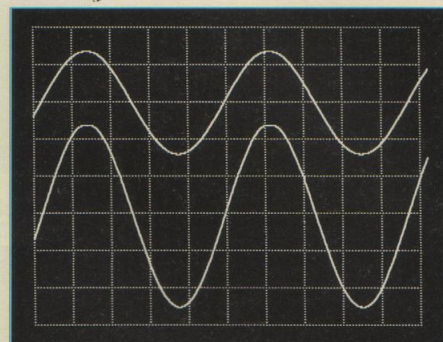
Une deuxième écoute s'est effectuée

dans notre salon avec nos enceintes à haut-rendement, un régal pour les oreilles !

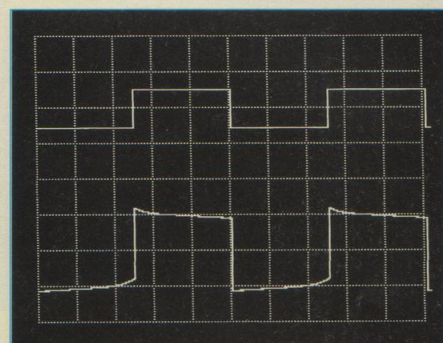
Aucune agressivité n'est constatée, une dynamique étonnante se manifeste sur tout le spectre avec une stabilité parfaite de l'image sonore. Les enceintes se font oublier pour ne plus avoir devant soi que le message musical dans une très grande profondeur d'écoute.

Le PUSH fait aussi bien surgir les micro-informations gravées au fond des disques CD que les très basses fréquences violentes qui font «frémir» nos 38 cm. Tout se détache avec netteté et précision, sans trainage. Nous obtenons avec cette réalisation une étonnante précision d'écoute.

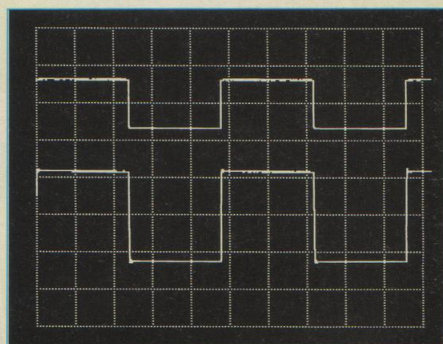
**Bernard Duval**



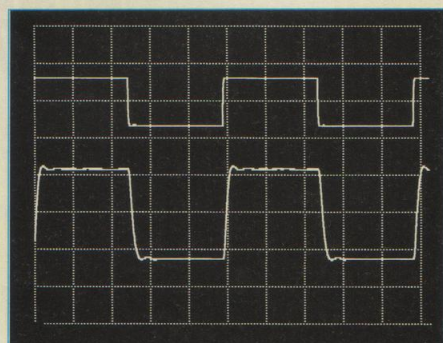
Signal sinusoïdal à 1 kHz et à Pmax.  
Elle est de 12,15 Weff par canal.



Signal carré à 20 Hz à une  
puissance de 3 Weff.



Signal carré à 1 kHz à une  
puissance de 3 Weff.



Signal carré à 10 kHz.  
Le temps de montée est de 2,5 µs.

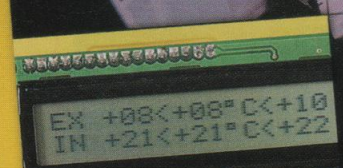
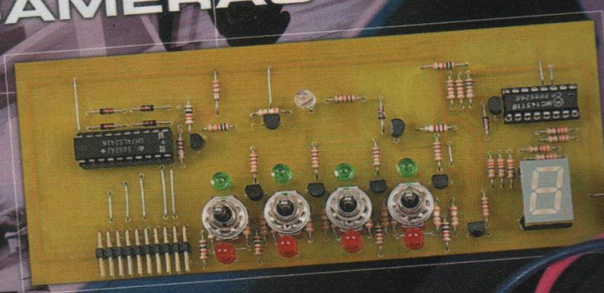
# ELECTRONIQUE PRATIQUE

4,50 €

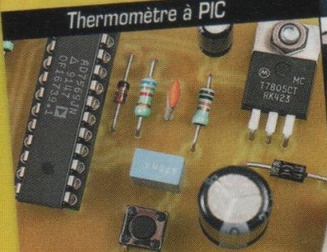
279

Novembre 2003 ■ www.electroniquepratique.com

## COMMUTATEUR SÉQUENTIEL pour 4 CAMÉRAS



Thermomètre à PIC



Mémoire analogique



Centrale d'alarme

**RETROUVEZ AINSI :**

- ▷ Préampli stéréo pour micros électret
- ▷ Détecteur d'écoute

FRANCE : 4,90€ • DOM Avion : 5,70€  
 BEL : 5€ • CH : 7,50FS  
 CAN : 5,95\$ CAN • ESP : 4,60€  
 GR : 4,60€ • TUN : 4,7 DT • LUX : 5€  
 MAR : 50 DH • PORT : 4,60€  
 DOM SURF : 4,60€

T 02437-279 - F: 4 50

**1 AN D'ABONNEMENT À ELECTRONIQUE PRATIQUE**

**9 NUMÉROS \* 31,50 €**  
 au lieu de 40,50 €

**ECONOMISEZ : 9,00 €**

\* 9 numéros d'ELECTRONIQUE PRATIQUE  
 prix kiosque : 4,50 €

**+ VOTRE CADEAU**

Un multimètre de poche



# ABONNEZ-VOUS

**..... AU MAGAZINE DE REFERENCE EN ELECTRONIQUE .....**

**Oui, je profite de votre offre EXCEPTIONNELLE**  
 et je retourne vite mon coupon à l'adresse suivante :

ELECTRONIQUE PRATIQUE service abonnements - 18/24 quai de la Marne - 75164 Paris Cedex 19  
 Tél. : 01 44 84 85 16 Fax : 01 42 00 56 92 - Internet : [www.electroniquepratique.com](http://www.electroniquepratique.com)

**1 AN : 9 numéros d'ELECTRONIQUE PRATIQUE**  
 au prix de **31,50 €**  
 (au lieu de 40,50 €) **Etranger : 41,40 €**

Je bénéficie d'une petite annonce gratuite

**VOTRE CADEAU** un multimètre de poche  
 3 1/2 digit, pratique et utile !  
 19 plages de mesure - indication automatique de la polarité.  
 Livré avec pile d'alimentation, cordons de test et doc en français.  
 (environ 3 semaines pour la livraison à domicile)

**Ci-joint mon règlement par :**

Chèque bancaire ou postal     Carte Bancaire

N° : \_\_\_\_\_ Date d'exp. : \_\_\_\_\_

Signature (obligatoire) : \_\_\_\_\_

M     Mme     Mlle    Nom/Prenom : \_\_\_\_\_

Adresse : \_\_\_\_\_

CP : \_\_\_\_\_    Ville : \_\_\_\_\_

Conformation à la réglementation en vigueur. Le prix de vente au détail est de 4,50 € TTC. Les commandes sont traitées par nos soins.



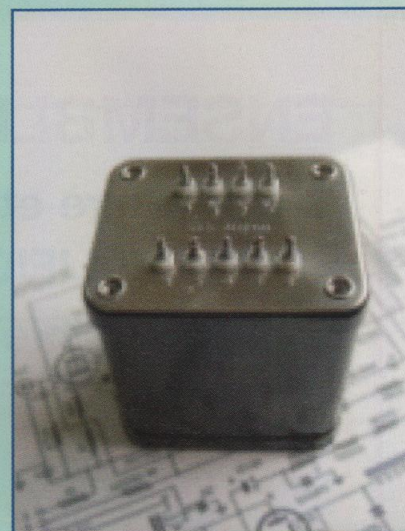
# TRANSFORMATEURS DE SORTIE MILLERIOUX



Les transformateurs audio présentés sur cette page ont été créés par la célèbre société

**MILLERIOUX.**

Ils sont aujourd'hui fabriqués par la société **SERDI** qui propose, pour le plus grand plaisir des audiophiles, les meilleures références **MILLERIOUX** dans différents montages basse fréquence.



## MONTAGE PUSH-PULL PENTODES

Référence	Puissance W	Impédance Primaire	Prise écran	Tubes	Poids kg	Prix TTC
HH 14B	10/15	3400 Ω	43%	EL34 - 6L6	1.5	129 €
HH 18B	10/15	8000 Ω	43%	EL84 - 6V6	1.5	129 €
AH 26B	20/30	6600 Ω	43%	EL34 - 6L6	2	169 €
AH 29B	20/30	8000 Ω	43%	EL84 - 7189 - 6V6	2	169 €
XH 36B	30/50	6600 Ω	43%	EL34 - 6L6 - 6550	5.5	220 €
XH 53B	50/70	3400 Ω	43%	6550 - KT88 - KT90 - 807	5.5	220 €
XH 744B	70/100	4000 Ω	43 % séparées	6550 - KT88 - KT90 - 807	6.5	296 €

## MONTAGE PUSH-PULL TRIODES

AH 215B	20/30	3000 Ω	sans	6080 - 6AS7 - 6336	2.5	169 €
---------	-------	--------	------	--------------------	-----	-------

## MONTAGE DOUBLE PUSH-PULL PENTODES

RH 30B	140	2400 Ω	43%	6550 - KT88 - KT90 - 807	7	285 €
--------	-----	--------	-----	--------------------------	---	-------

## MONTAGE SIMPLE ETAGE TRIODE ET PENTODE EN ULTRA LINEAIRE

AH 53B	50	2300/3500 Ω	45/38 %	300B - VT52 - 2A3 - 845 6550 - KT88 - KT90 - EL34	4	231 €
JH 54B	150	2500/5000 Ω	sans	211 - 845	7.5	258 €
JH 55B	100	392 Ω	sans	6C33 - 7242	7.5	258 €

Impédances secondaires : 4/8/16 Ω

Présentation : moulé en cuve métallique peinte en noir

Connexions par bornes à souder sur isolant téflon

Fabrication selon les dossiers d'origine de la société MILLERIOUX

Large gamme de transformateurs d'alimentation et de selfs de filtrage

Pour d'autres références de transformateurs de sortie ou d'autres montages nous consulter.

**CONDITIONS de VENTE :** Règlement par chèque joint à la commande - **PORT :** 13,20 € jusqu'à 5 kg, 19,50 € de 5 à 15 kg, 31,60 € au-delà

**SERDI**

26, rue de la Résistance - Z.I. de la Croix-Blanche Ouest - 91707 SAINTE-GENEVIEVE-DES-BOIS Cedex  
Tél : 01 60 15 03 94 - Fax : 01 60 16 55 68 - www.serdi.fr - Email. serdi@serdi.fr

# ENSEMBLE HOME CINEMA

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



Après quelques rappels théoriques sur le circuit « KTR », la première partie vous a présenté la philosophie du projet et le schéma synoptique général. Un circuit d'essai stéréo vous a été décrit, d'une part pour vous initier au « circuit KTR » qui sera utilisé pour les huit voies de l'ensemble Home Cinéma et d'autre part, pour vous permettre de réaliser un préamplificateur de très haute qualité et de très faible coût. Dans cette 2<sup>e</sup> partie, l'alimentation sera décrite en détails pour vous donner la possibilité d'écouter ce module stéréophonique dans d'excellentes conditions.

**Q**uelques questions m'ont été posées sur la première partie de cet article, questions qui concernent la position de la sortie du « SRPP ». Je vais y répondre brièvement. Revenons à la figure 2, page 29 du *Led 182*.

On constate que la sortie se fait sur l'anode de T1 et non sur la cathode de T2 comme il est habituel de le voir dans les schémas de circuits « SRPP ».

La **figure 16** illustre les deux possibilités :

- en 1, comme sur la figure 2, du *Led 182* ensuite

- en 2 comme dans les SRPP actuels.

Je confirme qu'il n'y a pas d'erreur dans la figure 2 du *Led 182*. Elle correspond simplement au schéma initial tel qu'il a été publié au début des années quarante. La version actuelle sortie au point 2 n'est apparue qu'en 1948.

La sortie en 1 permet de bien visualiser

que le « SRPP » n'est en fait qu'un étage *anode follower*, dont la résistance d'anode est constituée d'une charge active qui est le tube T2 dont le fonctionnement est celui d'une source de courant constant. Quelle différence y-a-t-il entre la sortie en 1 ou en 2 ? L'impédance de sortie, celle-ci étant basse au point 2 et haute au point 1.

Dans le circuit KTR que je propose figure 6, (*Led 182*), j'ai choisi la sortie sur la cathode de T2 au point 2 pour profiter de la faible impédance, mais cela n'a d'importance significative ni sur le fonctionnement du circuit, ni sur les performances générales.

### NOTA

Deux précisions concernant le montage des composants sur le circuit imprimé du préampli publié dans le *Led 182* :

- Attention à bien monter le potenti-

mètre **SOUS** le circuit imprimé, côté **cuivre**.

- Les LM317 T - 2 et LM317 T - 4 sont dessinés à l'envers sur la figure 15, page 36 du précédent numéro. Les parties métalliques de ces composants doivent être du côté des 5725, et non du côté du potentiomètre.

Par mesure d'économie, il est possible de remplacer le potentiomètre ALPS 2 x 50 kΩ log par un potentiomètre BOURNS 2 x 50 kΩ log. Pas de différence notable à l'écoute et montage plus facile car les sorties se font par fils.

### L'ALIMENTATION DU CIRCUIT STÉRÉO

Une écoute comparative ayant montré la supériorité de la solution alimentation non régulée et compte tenu de la volonté de faire le moins cher possible, j'ai

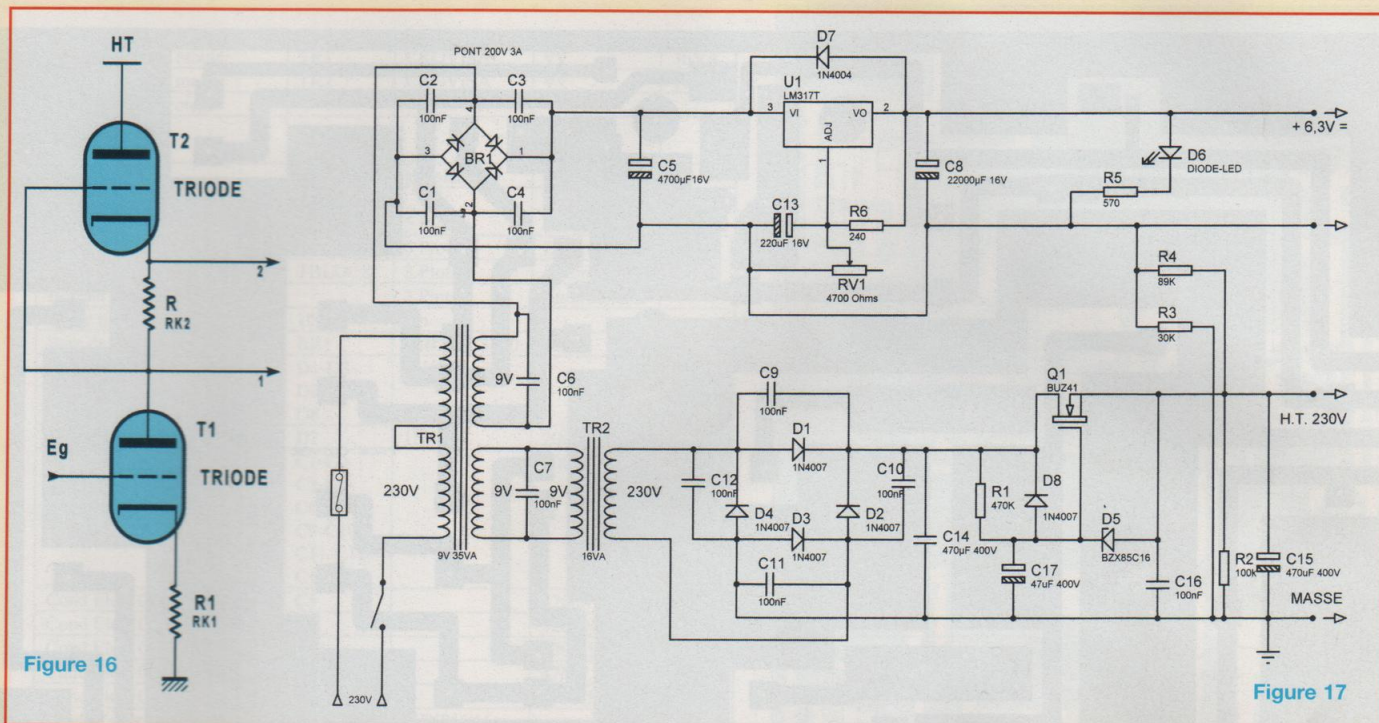


Figure 16

Figure 17

choisi d'abandonner la stabilisation de la HT. L'alimentation n'est donc stabilisée que pour le chauffage (figure 17).

Pour faire simple et peu coûteux sans rien sacrifier au résultat final, j'ai choisi une solution basique, avec deux transformateurs moulés (disponibles dans toutes « les grandes surfaces de composants électroniques »), montés tête bêche. Le premier TR1 est alimenté au primaire en 230 V, après un fusible de 300 mA et un simple interrupteur bipolaire. Les deux secondaires délivrent du 9 V. La tension de l'un des deux secondaires est redressée par le pont de diode BR1. Sur chaque diode du pont est monté, en parallèle, un condensateur de 100 nF 400 V qui a pour but d'éliminer les parasites HF et les pics de commutation. Le 9 V redressé par BR1 charge un condensateur de 4700 µF dont le but est de « lisser » le courant redressé.

A ce point, l'ondulation résiduelle se calcule par la formule :

$$V_{\text{ond}} = 1,7 \times I / C$$

Avec :

$V_{\text{ond}}$  = tension d'ondulation résiduelle crête à crête

$I$  : l'intensité en mA

$C$  : capacité en µF

Soit  $V_{\text{ond}} = 1,7 \times 1500 / 4700 = 0,54$  V  
Soit 6%

Ce n'est donc pas vraiment du continu ! De plus, la tension est de 9 V.

Il nous faut du 6,3 V continu sous 1,5 A pour les huit filaments des tubes 5725. Un bon vieux LM317T monté sur un dissipateur est chargé de ramener la tension à 6,3 V. La diode D7 sert de protection contre les courts circuits. Profitons également du LM317T pour abaisser le taux d'ondulation résiduelle. C'est le rôle du condensateur C13 qui stabilise la tension de commande du LM317T. La tension de sortie charge enfin un condensateur de 22000 µF qui termine le travail d'annulation du taux d'ondulation. Celle-ci n'est alors plus visible à l'oscilloscope. Ainsi chauffés, nos 5725 nous donneront un rapport signal/bruit exceptionnel.

Enfin, avant d'attaquer les filaments, j'ai monté sur la carte alimentation une « led » miniature (clin d'œil au titre de notre revue) alimentée à travers une

résistance de 570 Ω. Le circuit de chauffage est aussi porté à un potentiel égal à HT/3 par l'intermédiaire de R3 et R4. J'insiste sur l'absolue nécessité de câbler ces résistances. En effet, le potentiel filament/cathode maximum admissible pour les 5725 est limité à 100 V. Si pour T1 et T3 ce potentiel filament cathode est de quelques volts, pour T2 et T4 les cathodes sont à un potentiel proche de HT/2, soit plus de 100 V. Il y a risque de claquage par naissance d'arcs entre filaments et cathodes. Si nous portons les filaments à un potentiel de HT/3, la tension filament/cathode de T2 et T4 sera égale à : HT/2 - HT/3 soit HT/6  
Ici,  $230V/6 = 38,5$  V

Il n'y a donc plus aucun risque de claquage.

L'autre secondaire de TR1 délivre également du 9 V, il attaque TR2 monté à l'envers, par le secondaire. Le primaire délivre alors environ 230 V. Cette tension est redressée par un simple pont constitué de quatre diodes 1N4007 avec, en parallèle, un condensateur de 100 nF sur chacune d'elles pour les mêmes raisons que sur le pont BR1. La sortie du pont

## PRÉAMPLIFICATEUR VERSION STÉRÉO

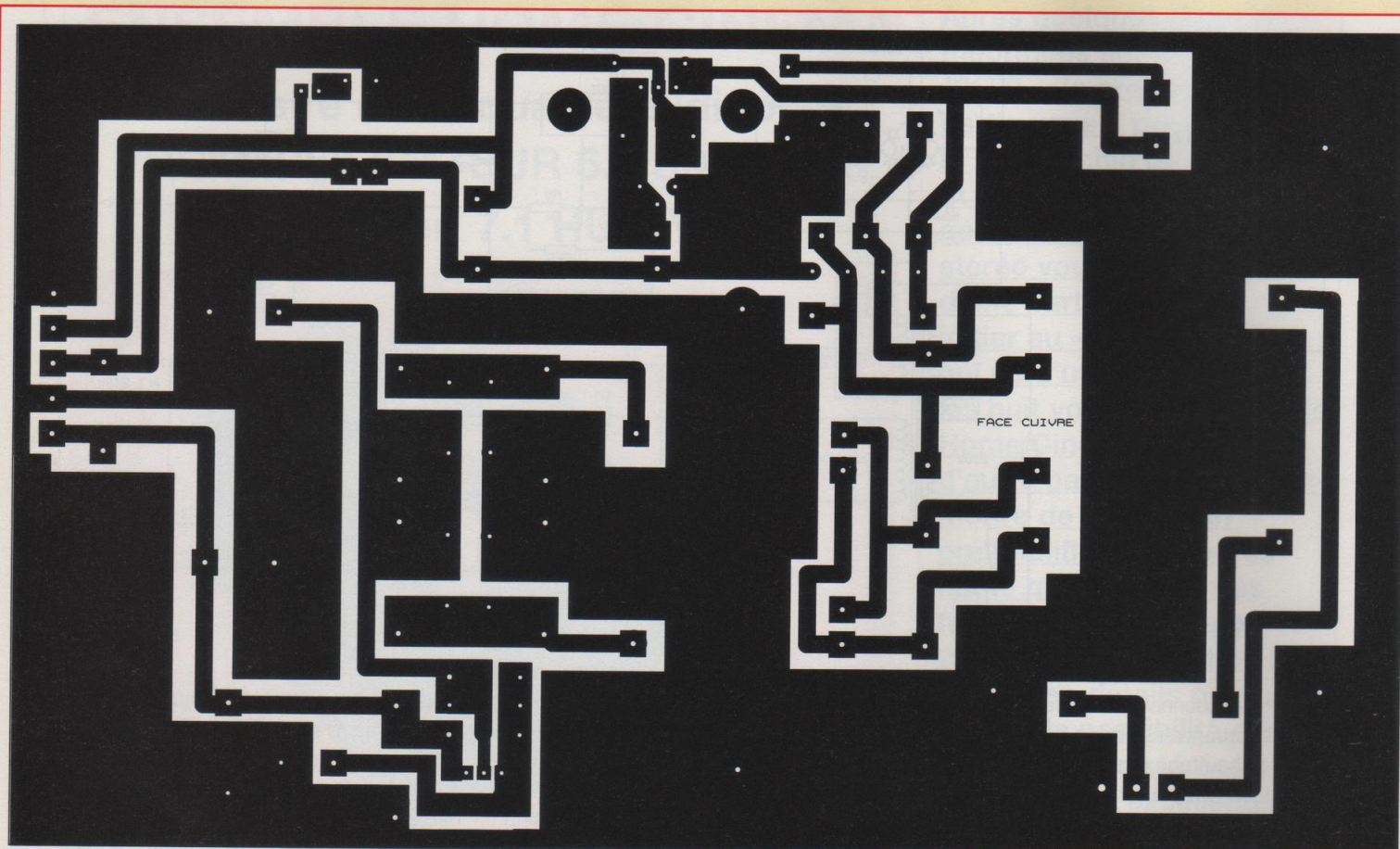


Figure 18

charge un condensateur de 470  $\mu\text{F}$  400 V. A ce point, l'ondulation résiduelle est égale à :

$V_{\text{ond}} = 1,7 \times 25 / 470 = 0,09$  volt crête à crête soit 0,04%.

C'est peu, mais suffisant pour affecter de façon significative le rapport signal/bruit. Une solution, consiste à utiliser une self de filtrage, élément coûteux et encombrant.

Un « filtre de bruit » utilisant un MOS FET, est tout aussi efficace et beaucoup moins coûteux. De plus, il devient possible de programmer la courbe de montée en tension de la HT.

Si l'on applique sur la porte d'un MOS FET monté en Drain commun (source suivieuse), **une tension continue exempte de toute ondulation résiduelle**, en sortie l'ondulation résiduelle sera en des-

sous du niveau de bruit du MOS ! Intéressant et facile à réaliser. Le MOS FET fonctionne comme un « amplificateur de bruit nul ».

Un BUZ41 ou équivalent fera l'affaire. Au point de jonction de C17, R1, D8, le taux d'ondulation n'est que de 0,0024 % ! Nous en profiterons également pour temporiser la montée en tension progressive de la HT sur le MOS FET (très sensible aux transitoires brutaux) et sur les tubes. En effet, C17 se charge au travers de R1 qui est de valeur élevée (ici 470 k $\Omega$ ).

Il faut plus d'une minute pour que la haute tension atteigne progressivement 90 % des 230 V sur les anodes de nos tubes 5725, et environ trois minutes pour avoir une haute tension stable. D8, en parallèle sur R1, permet de décharger C17 plus rapidement que lors de la char-

ge lorsque l'on coupe le secteur. C'est sans surtension pour Q1 qui est très sensible à ces pics de tensions même de très courtes durées. C'est ce qui explique que nombre d'entre vous ont « fondu » des MOS simplement en coupant le secteur !

La zener D5 joue également un rôle de protection. En effet, la tension Drain/Gate ne doit pas dépasser une vingtaine de volts. J'ai choisi 16 V, ce n'est pas critique, on prendra entre 10 et 20 volts selon disponibilité. La chute de tension dans le BUZ41 n'est que de quelques volts, il n'est donc pas du tout nécessaire de prévoir un dissipateur. Sa température ne dépasse pas 30° même après plusieurs jours de fonctionnement permanent. Q1 peut, bien entendu, être un autre modèle de MOS FET, BUZ60,

# HOME CINEMA TOUS TUBES

Transformateur moulé	TR1	CROVISA	9V	36VA
Transformateur moulé	TR2	CROVISA	9V	16VA
Porte Fusible Protégé				
Fusible	Prix pour 10 pièces		300mA	
Interrupteur	Int	Bipolaire	Sub Min	1.5A
Fil Secteur				
Embase Male	TBLOCK	5 Plots	Embrochable	
Bornier Femelle		5 Plots	Embrochable	
Embase Male	TBLOCK	3 Plots	Embrochable	
Bornier Femelle		3 Plots	Embrochable	
Cable nappe	10C	1m		
Pont de Diodes	BR1	DIB250C3700	250V	3,7A
Diodes Silicium	D1-D2-D3-D4-D8	1N4007		1A
Diode Silicium	D7	1N4004	200V	1A
Condensateur MKT	C1-C2-C3-C4-C6-C7-C9-C10-C11-C12-C16		100nF	400v
Cond Elect Chimique	C5		4700MF	16V
Cond Elect Chimique	C8		22000MF	16V
Cond Elect Chimique	C13		220MF	16V
Cond Elect Chimique	C17		47MF	400V
Cond Elect Chimique	C14-C15		470MF	400V
Diode Zener	D5	BZX85C16		1.3W
MOS FET	Q1	BUZ41A		
Régulateur Variable	U1	LM317T		
Potentiomètre Ajustable CERMET	RV1	T63YA	4700	0.25W
Diode LED 3mm	D6	rouge		
Résistance Couche Métal	R6	5%	240	0.25W
Résistance Couche Métal	R5	5%	570	0.25W
Résistance Couche Métal	R4	5%	89K	0.25W
Résistance Couche Métal	R3	5%	30K	0.25W
Résistance Couche Métal	R1	5%	470K	0.25W

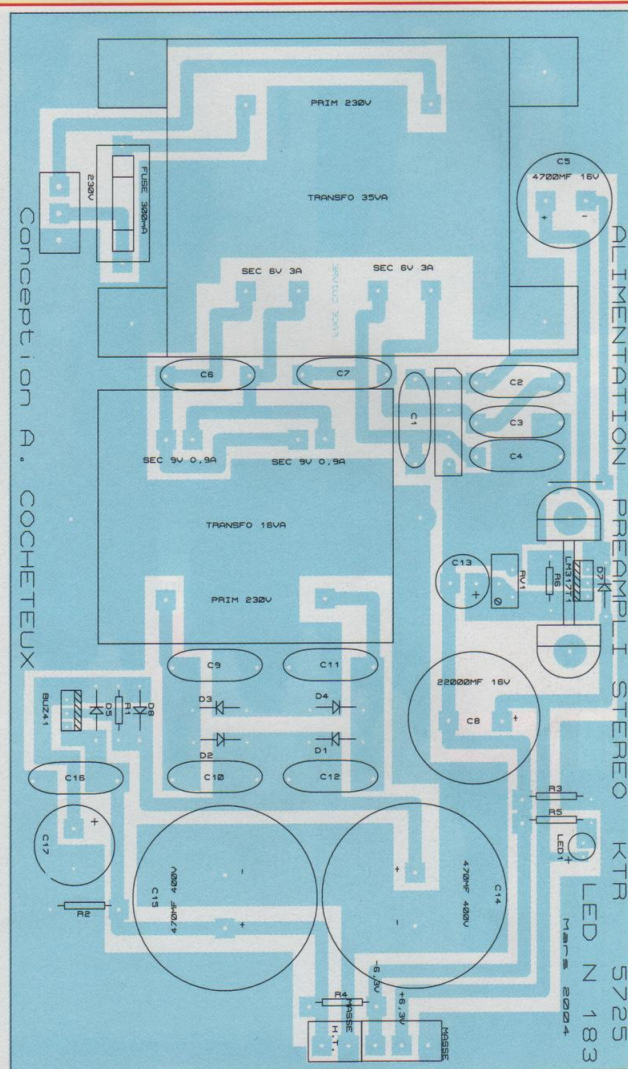


Figure 19

BUZ91, BUZ92, BUK455-400, IRF....

Cependant, j'ai constaté que les IRF 740 montés de cette façon avaient une fâcheuse tendance à se mettre à osciller. Enfin, la haute tension charge le condensateur C15 de 470  $\mu$ F 400 V qui sert de « réservoir » de courant en cas d'appels de courant instantanés. La résistance R2 sert à décharger C15 après la coupure du secteur. En charge, cette alimentation délivre environ 230 V. **Cette tension n'est pas stabilisée.** C'est moins que les 270 V du prototype initial, mais sans conséquence sur les résultats aux mesures et à l'écoute. Seule la tension de saturation est plus basse, mais encore largement suffisante pour l'usage prévu.

Les connexions sur l'entrée et les sorties sont faites avec des connecteurs encliquetables, très faciles d'emploi pour les éventuels démontages (bornier embrochable COCOMM554083 Electronique Diffusion).

Cette alimentation, à la fois peu coûteuse et simple à réaliser, peut évidemment servir à alimenter n'importe quelle réalisation, pourvu que l'on ne dépasse pas les débits suivants :

6,3 V - maxi : 2,5 A  
230 V - maxi : 50 mA

## LE CIRCUIT

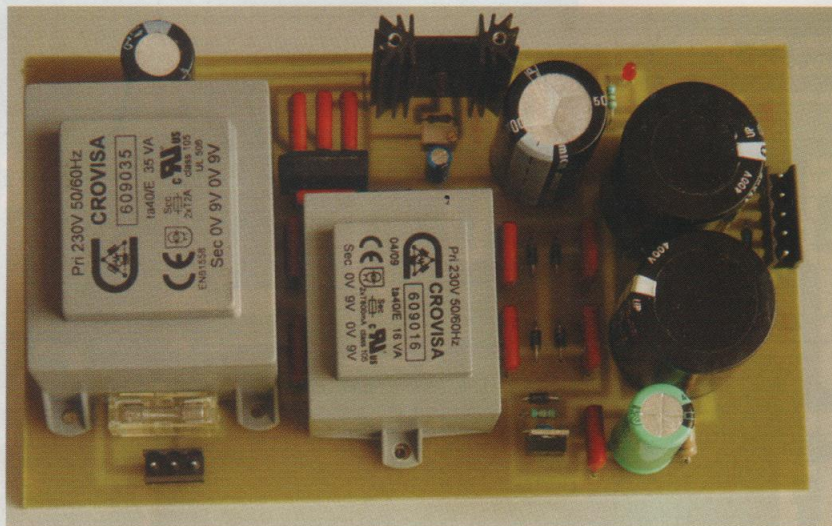
Le circuit imprimé simple face a été calculé de surface assez grande, avec des pistes larges et des pastilles de grandes

surfaces pour faciliter le travail de soudage et de montage (figure 18).

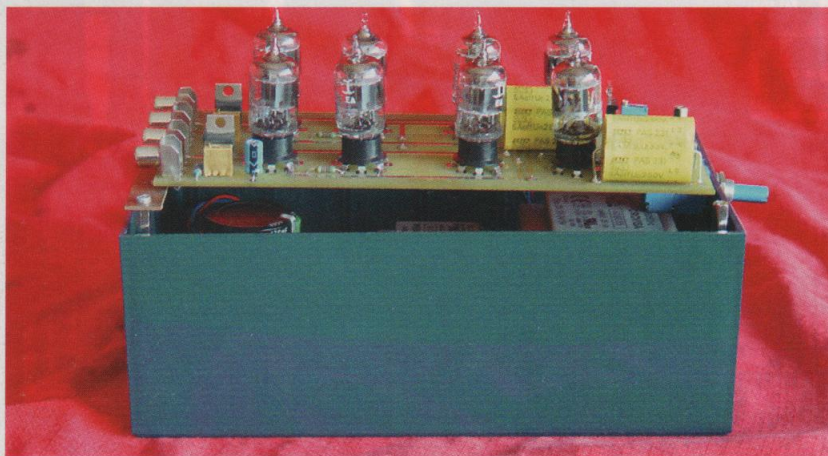
## LE CÂBLAGE

N'oubliez surtout pas de câbler le seul strap du circuit sous C4. Comme d'habitude, vous commencerez par câbler le strap, les résistances, les diodes, les petits condensateurs, etc., du plus petit au plus gros des composants, pour finir par les transformateurs (figure 19). Lorsque tout est câblé et vérifié, mettre le fusible dans le porte fusible, raccorder un voltmètre entre les sorties + et - 6,3 V, brancher le secteur. La diode led doit s'allumer instantanément. Régler ensuite la tension à 6,3 V en tournant la vis de RV1.

# PRÉAMPLIFICATEUR VERSION STÉRÉO



Le module alimentation câblé



Le module alimentation inséré au fond du coffret sous le module amplificateur

## RÉSULTATS DES MESURES

Tension secteur 230 V, 50 Hz stabilisé par variation de fréquence  
Tension filaments : 6,3 V continu stabilisé  
HT 230 V : continu non stabilisé

Tension de saturation à l'entrée	: 2 volts eff
Tension de sortie maximum à saturation	: 40 volts
Gain	: 20
Bande passante à 0 dB	: 2 Hz à 200 kHz
Bande passante à 3 dB	: 0,5 à 500 kHz
Distorsion + bruit	: 0,02 % par volt en sortie jusqu'à 10 V Harmonique 2 exclusivement
Signal sur bruit pondéré	: >110 dB
Diaphonie entre voies	: non mesurable
Transmodulation	: non mesurable
Temps de montée à 20 kHz	: 200 nanosecondes soit 0,2 $\mu$ s

Mesurer à vide la HT qui doit se stabiliser autour de 270 V, **après trois minutes, pour 230 V de tension secteur**. Cette tension est variable selon la tension du secteur. En charge, la tension sera de 230 V après stabilisation au bout de trois minutes, toujours pour du 230 V secteur.

### LE COFFRET

L'ensemble tient dans un boîtier en matière plastique TEKOP4, de référence HAP4 et de dimensions : 215 x 130 x 77. Les tubes sont visibles sur le dessus au travers d'un capot transparent.

Après avoir débranché le secteur et vérifié que la HT est bien nulle, on pourra mettre le circuit imprimé alimentation directement au fond. Le circuit amplificateur sera positionné sur le dessus, comme visible sur la photo. Il tient par le potentiomètre qui est vissé sur le devant du boîtier.

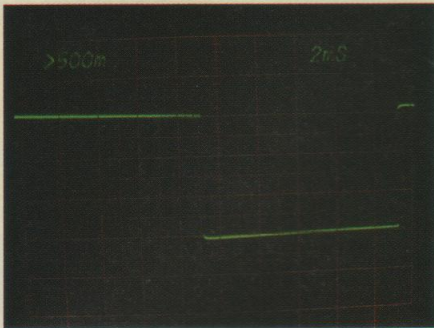
L'arrière du circuit est fixé sur deux entretoises vissées dans les colonnes d'angles prévues à cet effet. Ainsi monté, l'ensemble constitue un bloc autonome de petite taille, où l'ensemble des tubes reste visible à travers le capot transparent.

Pour les lecteurs qui désirent des entrées commutables, plusieurs solutions sont possibles, soit monter l'ensemble dans un coffret identique à la description du Led n° 168 et câbler les quatre entrées et la commutation décrite dans ce même numéro, soit reprendre le coffret, les six entrées commutables par relais avec la commande à visualisation par led décrite dans le Led n° 175. Dans ce cas, si on a réalisé le montage complet, on peut simplement substituer le nouveau circuit KTR à celui utilisant les 7308.

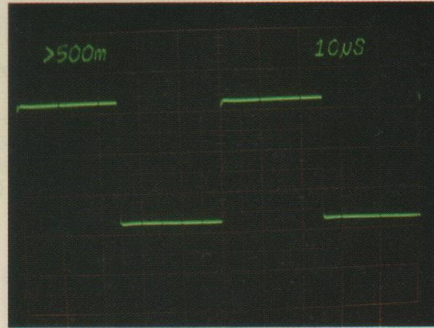
### MESURES ET RÉSULTATS

L'ensemble décrit et monté tel que ci-dessus a fait l'objet de nombreuses mesures dont vous trouverez les résultats rassemblés dans le tableau ci-contre. Les courbes ci-dessus illustrent ces résultats.

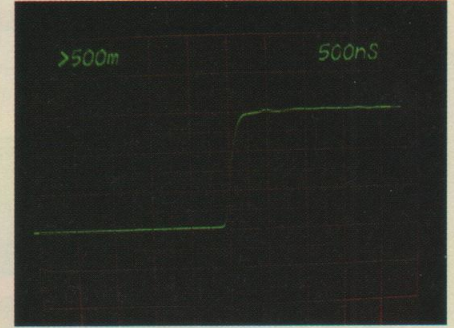
# HOME CINEMA TOUS TUBES



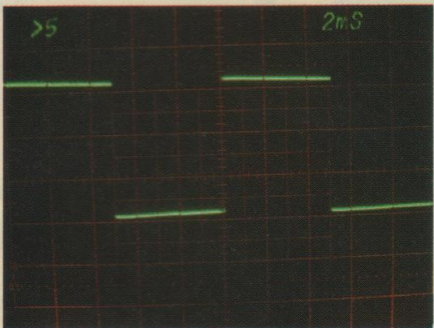
Signal carré à 20 Hz



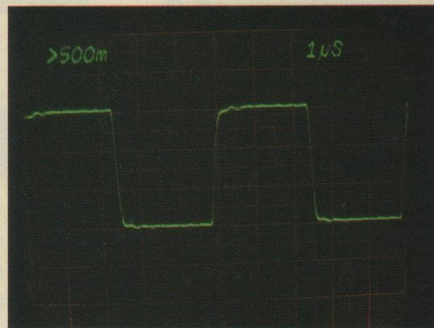
Signal carré à 20 kHz



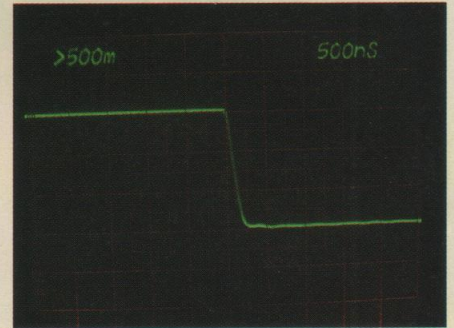
Temps de montée du signal carré à 20 kHz



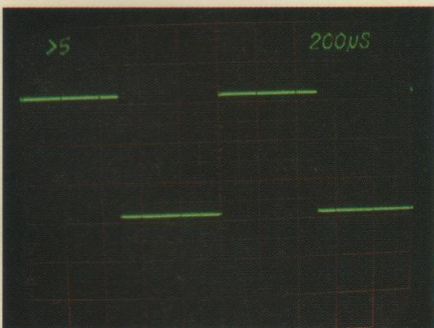
Signal carré à 50 Hz



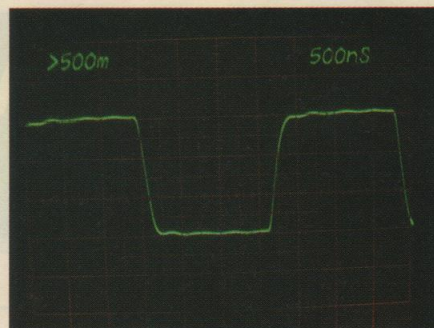
Signal carré à 100 kHz



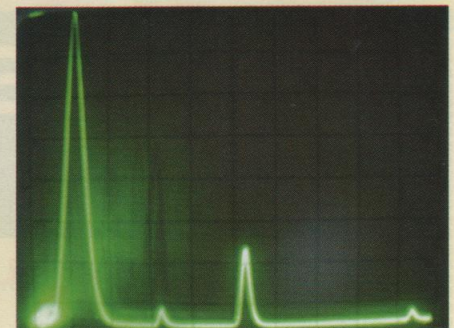
Temps de descente du signal carré à 20 kHz



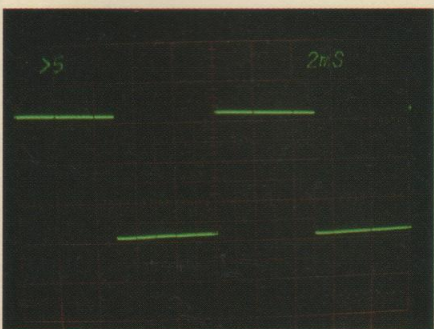
Signal carré à 100 Hz



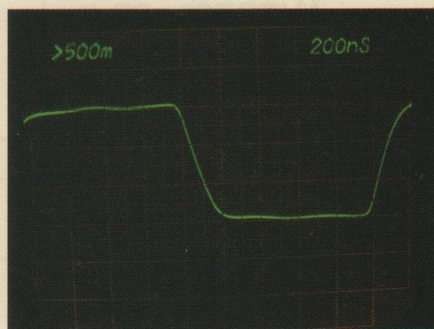
Signal carré à 300 kHz



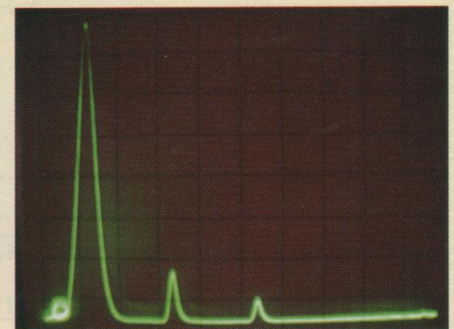
Spectre de D.H à 1 kHz du générateur



Signal carré à 1 kHz



Signal carré à 500 kHz



Spectre de D.H à 1 kHz en sortie préampli

Maintenant que vous avez pu vous familiariser avec le circuit KTR, nous vous inviterons à passer au préamplificateur à

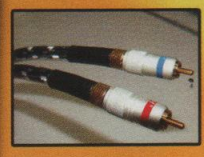
huit voies pour le Home Cinéma dans le prochain numéro de *Led* (juillet-août 2004).

**A. Cocheteux**  
[www.isasarl.com](http://www.isasarl.com) (section Hi-fi)  
[andre.cocheteux@tele2.fr](mailto:andre.cocheteux@tele2.fr)



**Distributeur  
Exclusif**

- 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**



Kit Vifa  
Euphonie  
"Double Six"



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

Audio Technology  
FLEX UNITS & C-QUENZE

# 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



# KIT PRÉAMPLI À TUBES DÉCRIT PAR A. COCHETEUX



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

Version avec tubes ECC81 : KIPREAMPC-1 .....390€00  
Version avec tubes 7308 : KIPREAMPC-2 .....430€00

Le coffret rack ARABEL 2U profondeur 250 mm + 2 boutons :  
HAER4809-250-CO .....60€00

### Les tubes seuls :

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

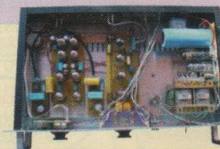
Support de tubes Stéatite  
7 broches : ..... 2€00

Support de tubes Stéatite  
9 broches : .....2€00

## AGENCES ELECTRONIQUE DIFFUSION

### SIÈGE SOCIAL

Avenue de la Victoire	59117 WERVICQ-SUD	Tél: 03.28.04.30.60	Fax: 03.28.04.30.61
43, rue Victor Hugo	92240 MALAKOFF	Tél: 01.46.57.68.33	Fax: 01.46.57.27.40
45, rue Maryse Bastié	69008 LYON	Tél: 04.78.76.90.91	Fax: 04.78.00.37.99
26, rue de la Cunette	59140 DUNKERQUE	Tél: 03.28.66.60.90	Fax: 03.28.66.60.91
234, rue des Postes	59000 LILLE	Tél: 03.20.30.97.96	Fax: 03.20.30.98.37
2, rue de Florence	59100 ROUBAIX	Tél: 03.20.28.44.77	Fax: 03.20.28.44.78
49, rue Guillaume Janvier	34000 MONTPELLIER	Tél: 04.67.27.18.73	Fax: 04.67.27.18.74
49, rue Saint Eloi	76000 ROUEN	Tél: 02.35.89.75.82	Fax: 02.35.15.48.81
50, av. Lobbedez	62000 ARRAS	Tél: 03.21.71.18.81	Fax: 03.21.71.45.08
247, route de Béthune	62300 LENS	Tél: 03.21.28.91.91	Fax: 03.21.28.91.90
39, av. de St. Amand	59300 VALENCIENNES	Tél: 03.27.30.97.71	Fax: 03.27.30.97.70



Le transfo d'alimentation seul : .75€00  
La self d'alimentation seule : . . .35€00  
Transfo pour préampli Vinyl  
marque SOWTER : .....75€00 les 2

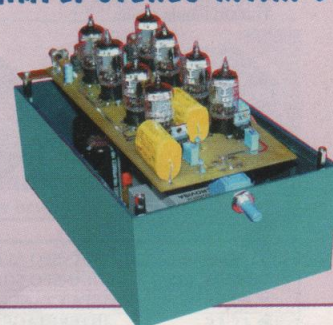
Composants pour module  
pré-ampli Vinyl RLC ( sans C. imprimé ) :  
KIPREAMPC-VNL .....259€00

Composants pour module Filtre RLC  
( le jeu de 2 - Sans C. imprimé ) :  
KIPREAMPC-RLC .....68€00

**NOUVEAU**

### PRÉAMPLI STÉRÉO K.T.R. 5725

Composants pour module Préampli  
stéréo K.T.R 5725 sans circuit imprimé :  
KIPREAMPC-KTR .....179€00



## SERVICE CIRCUITS IMPRIMÉS

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

	Qté	Circuits percés et étamés Prix	Total
* Amplificateur Push Pull ECL86			
- Carte amplificatrice		16,00 €	
- Alimentation		4,65 €	
- Commutation (2CI)		5,00 €	
* Préamplificateur à triodes 5725			
- Carte préamplificateur à trous métallisés		25,00 €	
- Carte alimentation		21,00 €	
* Amplificateur multicanaux			
- Carte alimentation régulée		12,20 €	
- Carte protection locale		10,75 €	
- Carte « pont redresseur »		2,30 €	
- Carte protection générale à logique CMOS		20,00 €	
- Carte protection générale à PIC		16,00 €	
* Bargraph pour analyseur audio			
- Carte affichage		9,50 €	
* Amplificateur de mesure			
- Carte imprimé		12,00 €	
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

# 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



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

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

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

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

RÉPARATION ET RESTAURATION  
DE TOUTES LES ÉLECTRONIQUES :

TUBES ET TRANSISTORS  
TOUTES MARQUES

### Promo Tubes

12AT7WA/ECC81 RTC les 5 : 25.00 €  
12AU7A/ECC82 RTC les 5 : 25.00 €



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

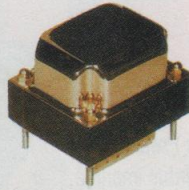
## TRANSFORMATEURS

**Tôles grains orientés M6X recuites  
Cuivre OFC**

**Imprégnation étuve pour les capots  
Résine époxy pour les cuves**

Cuve peinture au four  
Transfo moule résine

Capot nickelé poli



<b>LED N°169/181</b>	TRANSFO ALIM :	122,00 €
<b>PUSH PULL 845</b>	TRANSFO SORTIE :	91,00 €
	INDUCTANCE :	55,00 €
	INTERETAGE :	67,00 €

## Transformateurs audio

(Fabrication française : MAGNETIC SA)

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

## Sortie

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

site : magnetic.com.free.fr

## Alim

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

## Tubes ELECTRO HARMONIX 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 €
6E7	SOVTEK	29,00 €
6H30PI	promo SOVTEK	23,41 €
6SL7	SOVTEK	12,00 €
6SN7	SOVTEK	14,00 €
7591XYZ	SOVTEK	23,00 €
12AX7LPS	SOVTEK	20,00 €
EL84M/7189	SOVTEK	23,00 €
5U4G	SOVTEK	22,00 €
6C19PI	SOVTEK	19,00 €
6P145C/EL509	SOVTEK	38,00 €
EM80	SOVTEK	16,00 €
5AR4/GZ34	SOVTEK	23,00 €
6CW4	Nuvistor SOVTEK	22,00 €
GM70	SOVTEK	142,00 €
6C33C-B	SOVTEK	64,00 €
6N7	SOVTEK	14,00 €
EF86/6267	SOVTEK	20,00 €

## DIVERS

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

## USA - Military JAN tubes

6AS7G	JAN	18,00 €
6AV6	JAN	11,00 €
6C4WA	JAN	17,94 €
6U8A/ECF82	JAN	13,00 €
6X4 WA	JAN	10,00 €
829B/3E29	JAN	64,00 €
5814 A/12AU7	JAN	15,00 €
6080 WC	JAN	22,00 €
OA2	JAN	8,00 €
OB2	JAN	8,00 €
6AN8	JAN	17,94 €
5842/417A	JAN	17,00 €
6AQ8/ECC85	JAN	24,00 €
6B4C	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 €
<b>JUMBO (845) OR</b>	<b>19,00 €</b>
5 brochures (807)	USA 8,37 €
Miniature 7 br CI	2,90 €
Capuchon (807)	3,15 €
7 brochures 6C33C-B/829B	8,40 €

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

### Sprague "ATOM" standard

(USA)

10 $\mu$ 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

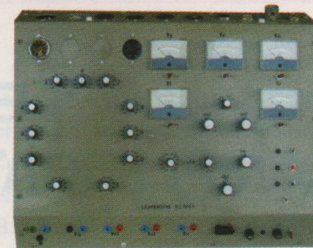
1 nF	/ 600 v	1,71 €
2,2 nF	/ 600 v	1,79 €
3,3 nF	/ 600 v	1,82 €
4,7 nF	/ 600 v	1,86 €
6,8 nF	/ 600 v	1,89 €
10 nF	/ 600 v	1,91 €
22 nF	/ 600 v	2,60 €
33 nF	/ 600 v	2,82 €
47 nF	/ 600 v	3,01 €
100 nF	/ 600 v	3,83 €
220 nF	/ 600 v	5,36 €
470 nF	/ 400 v	5,54 €

### Condensateurs F&T

(Made in Germany)

22 $\mu$ 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 €

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 €
1000 $\mu$ F	/ 250 v	10,30 €

### Condensateurs "ERO" MKT

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

### CONDITIONS DE VENTE

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

## LE GK « FIVE » AMPLIFICATEUR MULTICANAUX

Avec cette troisième partie, nous abordons la description du circuit de protection générale qui permet, entre autres, de surveiller l'état d'un certain nombre de fusibles et de temporiser la mise en route des tensions secteurs de puissance. Ce circuit prend toute son importance quand on songe à la puissance des transformateurs utilisés (plus d'un kilowatt) et des centaines de milliers de microfarads des condensateurs. On notera que ce dispositif de protection générale n'est pas particulièrement dédié à l'amplificateur multicanal « GK FIVE ». Il peut, en effet, être facilement adapté à tout amplificateur existant auquel on souhaiterait adjoindre une temporisation secteur et une surveillance des fusibles.

**E**n réalité, ce n'est pas un mais deux circuits aux fonctionnalités quasi identiques que nous allons vous proposer.

Le premier utilisera la technologie CMOS câblée uniquement, tandis qu'il sera fait usage d'un microcontrôleur PIC pour le second.

L'intérêt de la première version est de n'utiliser que des composants CMOS standards, économiques et sans difficulté d'approvisionnement ou de programmation.

En revanche, le fonctionnement est entièrement déterminé et seules les constantes de temps pourront être modifiées.

L'utilisation d'un microcontrôleur dans la seconde version nous a permis de réduire le nombre de composants nécessaires, donc la taille du circuit imprimé. Ceci, tout en autorisant des modifications dans ses fonctions par simple reprogrammation.

La contre-partie est, bien sûr, de disposer des outils permettant le chargement du programme dans le microcontrôleur.

### CIRCUIT DE PROTECTION GÉNÉRALE EN LOGIQUE CÂBLÉE CMOS

#### LE SYNOPTIQUE

Le synoptique (figure 1) permet de visualiser les différentes fonctions assurées par ce module. On distingue :

- **Alimentation générale +/- 12 V**

Elle alimente l'ensemble des modules de sécurités locales du « GK FIVE » ainsi que les relais « secteur de puissance ». Elle produit également un signal de présence secteur permettant de gérer la coupure rapide à l'extinction ou en cas de coupure secteur inopinée.

- **Remise à zéro**

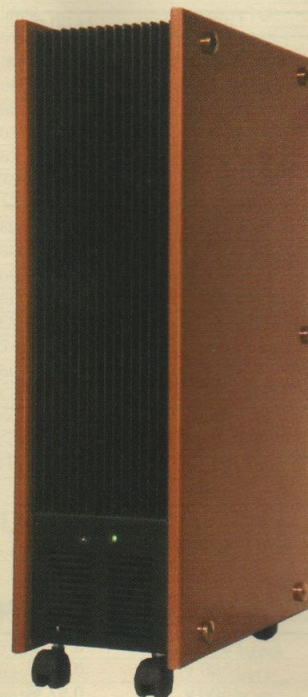
Remise à zéro de la logique : monostables, bascule mémoire et signalisation optique.

- **Logique de contrôle des tensions**

Contrôle en temps réel l'état des fusibles des alimentations de puissance +/- Vp.

- **Logique de signalisation**

Signalisation de bon fonctionnement ou de défaut de la temporisation.



- **Logique du relais secteur**

Gestion et sécurité de l'alimentation secteur 220 V de puissance.

- **Temporisation de 4 secondes**

Temporisation du relais « résistance secteur »

- **Commande du relais de la « résistance secteur »**

Limitation du courant à la mise sous tension du secteur par l'introduction d'une résistance de puissance pendant quelques secondes.

- **Temporisation de 20 secondes**

Gestion de la temporisation générale de tous les modules de sécurité.

#### LE SCHÉMA

Le schéma complet vous est proposé figure 2. On retrouve sensiblement les blocs décrits dans le synoptique, en particulier :

- **L'alimentation +/- 12 V**

Cette alimentation n'appelle que peu de commentaires. Nous avons utilisé un transformateur torique moulé de 25 VA, de puissance suffisante pour l'ensemble des modules et des régulateurs intégrés

# UNE CONCEPTION MODULAIRE

U1-LM317T et U2-LM337T déjà décrits dans la première partie de cet article. Notons que le signal de « présence secteur » est disponible aux bornes de la diode Zener D7. En effet, la diode de redressement D6, associée à la résistance R6 et au condensateur C12, génère une tension très sommairement filtrée de + 12 V. En cas de perte du secteur, cette tension chutera très rapidement compte tenu de la faible capacité de C12 et de la présence de R1.

## Remise à zéro

Elle est assurée par la constante de temps C13-0,1 $\mu$ F et R21-1 M $\Omega$  qui génère une courte impulsion. Elle est mise en forme par les portes du trigger de Schmitt U7.A et U7.B.

A la mise sous tension du module, on dispose d'une impulsion positive (état 1) sur U7.A/3 et 0 volt (état 0) sur U7.B/4.

## Logique de contrôle des tensions de puissance +/-Vp

Comme il ne s'agit que de vérifier l'état des fusibles et non la valeur des tensions de puissance, le circuit de détection est simplement constitué par dix optocoupleurs, assurant ainsi une excellente séparation galvanique entre les circuits « audio » et le reste du montage.

Chaque tension de puissance est connectée en sortie de fusible au module par l'intermédiaire du connecteur J1. Attention à la polarité : les pins 6 à 10 de J1 sont destinés aux tensions positives et les pins 1 à 5 aux tensions négatives. Si la mise en série de tous les optocoupleurs a permis de simplifier le circuit, elle impose que l'ensemble des photodiodes soient alimentées. Prenons le cas où vous n'auriez que 6 fusibles (3 + 3) à surveiller. Branchez alors les pin 6 et 7 à + Vp1, 8 et 9 à + Vp2 et 10 à + Vp3.

Pour le négatif, branchez la pin 1 et 2 à - Vp1, 3 et 4 à - Vp2 et 5 à - Vp3.

Examinons la tension + Vp1 : lorsque le

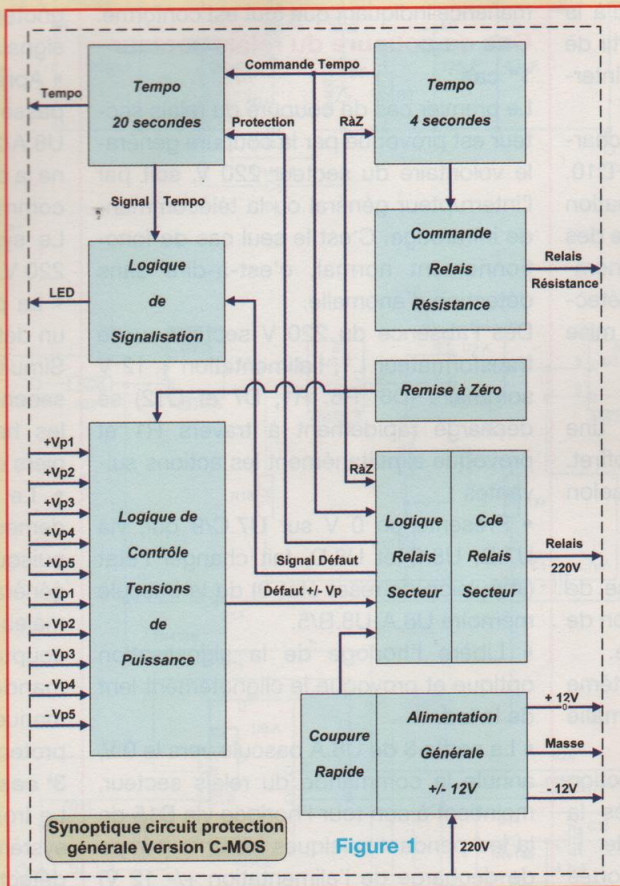


Figure 1

fusible est en état il circule par l'intermédiaire de R7 un courant de quelques milliampères dans la photodiode dont la cathode est à la masse, saturant ainsi le phototransistor qui devient conducteur. Le processus est identique pour la tension négative - Vp1 où c'est l'anode de la photodiode U5-B qui se trouve à la masse.

La mise en série des dix phototransistors forme une fonction ET à dix entrées. Avec le collecteur de U4.A au + 12 V, le niveau est haut à l'émetteur de U6 B quand tous les fusibles sont en état et bas si un ou plusieurs fusibles sont défectueux. La résistance R17 limite le courant et le condensateur C14 - 1 $\mu$ F filtre le + 12 volts tout en appliquant une légère constante de temps.

## Logique Relais Secteur

A la mise sous tension du module (par la télécommande infrarouge ou l'interrupteur général), l'impulsion de remise à

zéro disponible sur U7.B/4 positionne la bascule formée des deux portes U8.A-U8.B en position de reset avec un 0 logique, via U8.C/10, U8.D/11 et U8.B/5. Il s'ensuit les actions suivantes :

- La sortie U8.A/3 est maintenue à 0, donc le relais secteur demeure au repos.
- Le relais de la résistance 220 V reste au repos puisqu'un 0 V est présent sur U6.D/7.

A la fin de la courte impulsion RAZ, le monostable U9.A démarre une impulsion de 4 s sur ses sorties 7 (état 0) et 6 (état 1) et déclenche les actions suivantes :

- Démarrage de la temporisation de 20 s du deuxième monostable U9.B qui distribue un 0 V vers tous les modules de protection locale à partir du connecteur J4/4.
- Le 0 V sur la sortie U9.B/9 change l'état (fonction set) de la bascule mémoire U8.A-U8.B entrée 2, qui par T3-BD679A commande et maintient le relais 220 V qui alimente l'ensemble du système. La

commande du relais secteur est mémorisée.

- Le relais de la résistance 220 V reste au repos puisqu'un 0 V est présent sur U6.D/7. La résistance de puissance (25  $\Omega$ /50W) insérée en série dans le circuit des primaires des transformateurs de puissance limite l'appel de courant à la mise en route. En effet, les transformateurs toriques et les condensateurs se présentent comme des « quasi » courts-circuits pendant quelques millisecondes. Le fusible secteur principal peut ainsi être dimensionné plus finement pour une protection efficace.

A la fin de l'impulsion temporisée de 4 secondes, la sortie U9.A/7 présente un 1 logique (+ 12 V) qui commande le relais de la résistance secteur dont le contact ainsi fermé court-circuite la résistance. Les primaires des transformateurs de puissance sont alors connectés directement au secteur sans résistance de limi-

# AMPLIFICATEUR MULTICANAUX

tation. Cet état est maintenu jusqu'à la coupure volontaire du secteur à partir de la télécommande infrarouge ou de l'interrupteur manuel général.

**Nota :** l'impulsion de remise à zéro charge le condensateur C14-1 $\mu$ F via D10. Son rôle est de maintenir par anticipation, un état 1 sur U7.C/8 durant la charge des condensateurs de l'alimentation générale. Cette astuce évite une fausse détection pendant la phase initiale de mise sous tension du système.

## Logique de signalisation

La signalisation est assurée par une seule led placée en face avant du coffret. Elle indique l'état du système selon quatre possibilités :

1. Eteinte : système hors tension.
2. Clignotement lent (1 Hz) : phase de mise sous tension avec temporisation de 20 secondes et absence d'anomalie.
3. Allumée en permanence : système sous tension et absence d'anomalie (exploitation normale).
4. Clignotement rapide (2 Hz) : détection d'une anomalie pendant ou après la phase de mise sous tension générale.

Le circuit est simple. Le couple de portes U3.A et U3.C forme un multivibrateur astable à deux fréquences programmables.

A la mise sous tension générale, l'impulsion de RAZ présente un état 0 sur U8.D/11 et autorise le multivibrateur à démarrer. La led de signalisation clignote lentement à une fréquence d'environ 1 Hz. La commande est assurée par le transistor T2-BD679A via U3.B/4 et R22-10 k $\Omega$ .

Après l'impulsion de RAZ, c'est l'impulsion 0 V de temporisation de 20 s présente en U9.B/9 qui via la diode D16 sur l'entrée U3.D/13 maintient le clignotement lent de la led pendant la phase de temporisation.

Si pendant le processus de mise sous tension générale le module ne détecte aucune anomalie, à la fin de la temporisation de 20 s, U9.B/9 présente un état 1 (+12 V) bloquant ainsi le multivibrateur. Par conséquent, la led s'illumine en per-

manence indiquant que tout est conforme.

## Cas de coupure du relais secteur

### 1<sup>er</sup> cas :

Le premier cas de coupure du relais secteur est provoqué par la coupure générale volontaire du secteur 220 V, soit par l'interrupteur général ou la télécommande infrarouge. C'est le seul cas de fonctionnement normal, c'est-à-dire sans détection d'anomalie.

Dès l'absence du 220 V secteur sur le transformateur L1, l'alimentation +12 V sommaire (D6, R6, R1, D7 et C12) se décharge rapidement à travers R1 et provoque simultanément les actions suivantes :

- Présente un 0 V sur U7.C/9 qui, via U7.D, U8.C et U8.D, fait changer l'état (impulsion de reset état 0) de la bascule mémoire U8.A-U8.B/5.

- Libère l'horloge de la signalisation optique et provoque le clignotement lent de la led.

- La sortie 3 de U8.A bascule vers le 0 V, annule la commande du relais secteur, maintient à son tour l'horloge via D15 de la led pendant quelques instants (temps de décharge de l'alimentation +/- 12 V) qui déclenche la tempo de 20 secondes via le condensateur C17-0,1  $\mu$ F

- Un 0 V est présenté sur J3/4 qui entraîne simultanément la coupure de tous les relais de sortie du signal audio de puissance des modules amplificateurs.

### 2<sup>e</sup> cas :

Si à la mise sous tension, un ou plusieurs fusibles sont défectueux, cela se traduit par :

- La présence d'un 0 V au niveau de U6.B/13 via R17 après la séquence de remise à zéro.

- Démarrage des temporisations de 4 et 20 secondes.

- Le 0 V présent sur U8.D/11 déclenche le fonctionnement du clignotement de la led de signalisation et positionne la porte U8.B en état de Reset.

- Le +12 V de U8.B/4 commute le transistor T4 qui shunte la résistance R23-47 k $\Omega$  divisant la constante de temps par deux, ce qui double la fréquence de cli-

gnotement de la led (F= environ 2 Hz), signalant ainsi un défaut majeur.

- Après 4 secondes, la sortie de U9.A/7 passe au +12 V libérant l'entrée SET de U8.A/2, le 0 V présent sur U8.B/6 termine la commande RESET, annulant ainsi la commande du relais connexion secteur. Le système n'est plus alimenté par le 220 V.

- La protection générale a donc réagi à un défaut majeur.

Simultanément, la temporisation de 20 secondes a isolé toutes les sorties vers les haut-parleurs, protégeant ces derniers de tout risque électrique.

- Le module de protection générale demeure toujours sous tension secteur puisqu'il est indépendant du système général et continue de signaler le défaut majeur. Il faudra un arrêt volontaire par la coupure générale à partir de la télécommande infrarouge ou l'interrupteur manuel général pour arrêter le module de protection générale.

### 3<sup>e</sup> cas :

Le troisième cas de mise en sécurité du système qui peut se présenter est la détection d'un défaut après que le processus de mise sous tension soit terminé. Le processus de mise en sécurité et de signalisation est quasiment identique au 2<sup>e</sup> cas. Un défaut détecté sur la logique de contrôle de tensions de puissance se traduit par :

- La présence instantanée d'un 0 V sur U7.C/8 qui, via U7.D, U8.C et U8.D, se retrouve sur U8.B/5, fait basculer en position de RESET la mémoire U8.A-U8.B et entraîne l'annulation immédiate de la commande du relais connexion 220 V. Le système est isolé du 220 V secteur, sauf les modules de protections générales et locales.

- Le +12 V de U8.B/4 commute le transistor T4 qui déclenche le clignotement rapide de la led (F= environ 2 Hz), signalant ainsi un défaut majeur sur les alimentations +/- Vp.

- Simultanément, la temporisation de 20 secondes a isolé toutes les sorties vers les haut-parleurs, protégeant ces

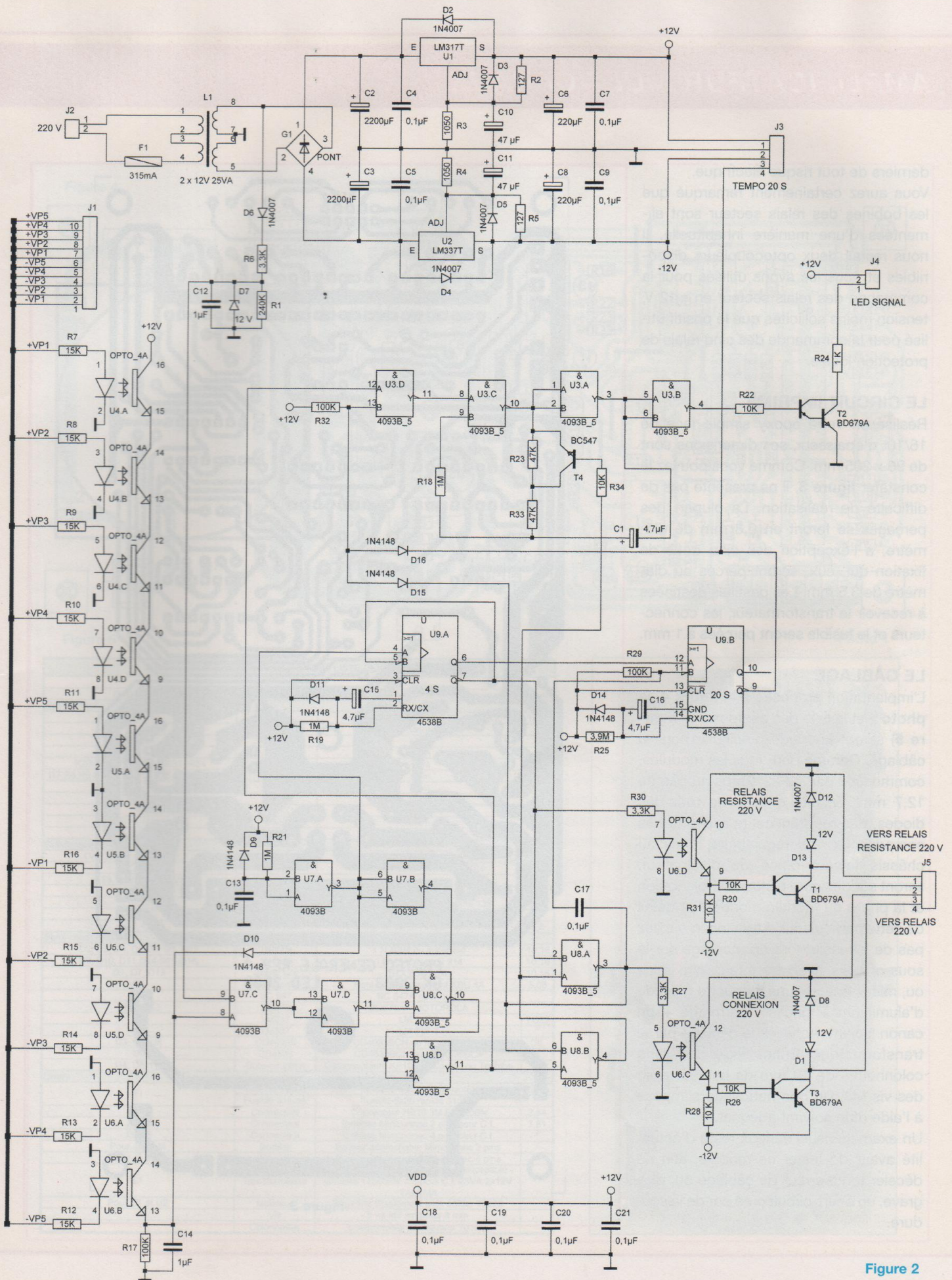


Figure 2

# AMPLIFICATEUR MULTICANAUX

derniers de tout risque électrique.

Vous aurez certainement remarqué que les bobines des relais secteur sont alimentées d'une manière inhabituelle. Il nous restait deux optocoupleurs disponibles et nous les avons utilisés pour la commande des relais secteur en - 12 V, tension moins sollicitée que le positif utilisé pour la commande des cinq relais de protection locale.

## LE CIRCUIT IMPRIMÉ

Réalisé en verre époxy simple face de 16/10° d'épaisseur, ses dimensions sont de 96 x 205 mm. Comme vous pouvez le constater **figure 3**, il ne présente pas de difficulté de réalisation. La plupart des perçages se feront en 0,8 mm de diamètre, à l'exception des cinq trous de fixation qui, eux, seront percés au diamètre de 3,5 mm. Les pastilles destinées à recevoir le transformateur, les connecteurs et le fusible seront percées à 1 mm.

## LE CÂBLAGE

L'implantation proposée à la **figure 4**, la **photo 1** et la liste des composants (**figure 5**) seront une aide précieuse pour le câblage. Comme pour tous les modules, commencez par les 22 straps au pas de 12,7 mm. Ensuite ce sera le tour des diodes, des résistances, puis des autres composants. Les régulateurs, fixés au châssis faisant office de dissipateur, seront soudés côté pistes. L'implantation et la photo du module montrent le détail de cette particularité. Attention, n'oubliez pas de les isoler lors du montage sur le sous-châssis avec un intercalaire mica ou, mieux encore, une plaquette d'oxyde d'aluminium + graisse thermique + un canon isolant. Achevez le câblage par le transformateur. Enfin, fixez les cinq colonnettes de 10 mm de hauteur avec des vis M3. Un bon nettoyage s'impose à l'aide d'un solvant adéquat:

Un examen visuel sérieux reste d'actualité avant de tester ce module, afin de déceler toute erreur de câblage ou, plus grave, un court-circuit créé par de la soude.

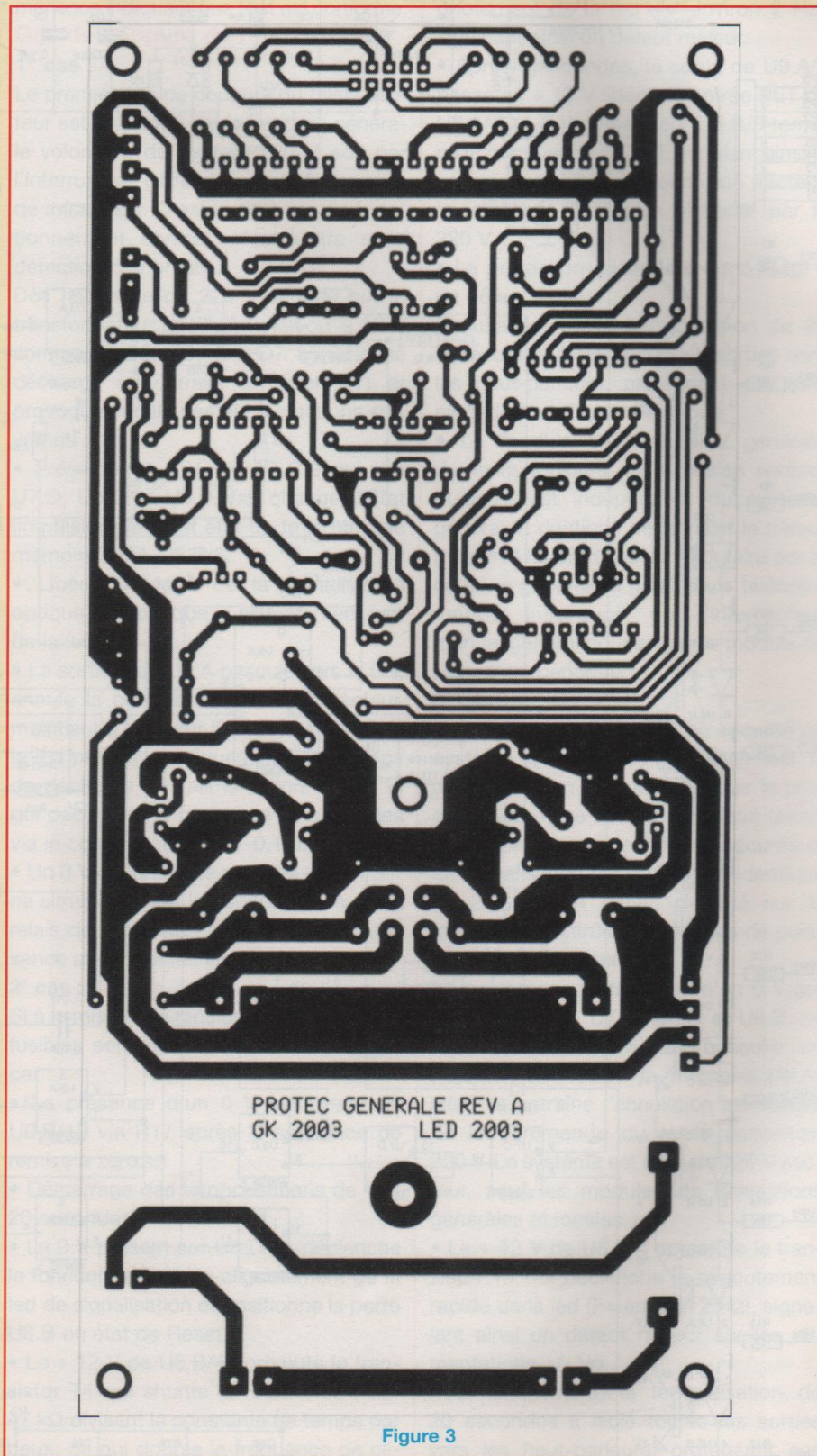


Figure 3



# UNE CONCEPTION MODULAIRE

Figure 4

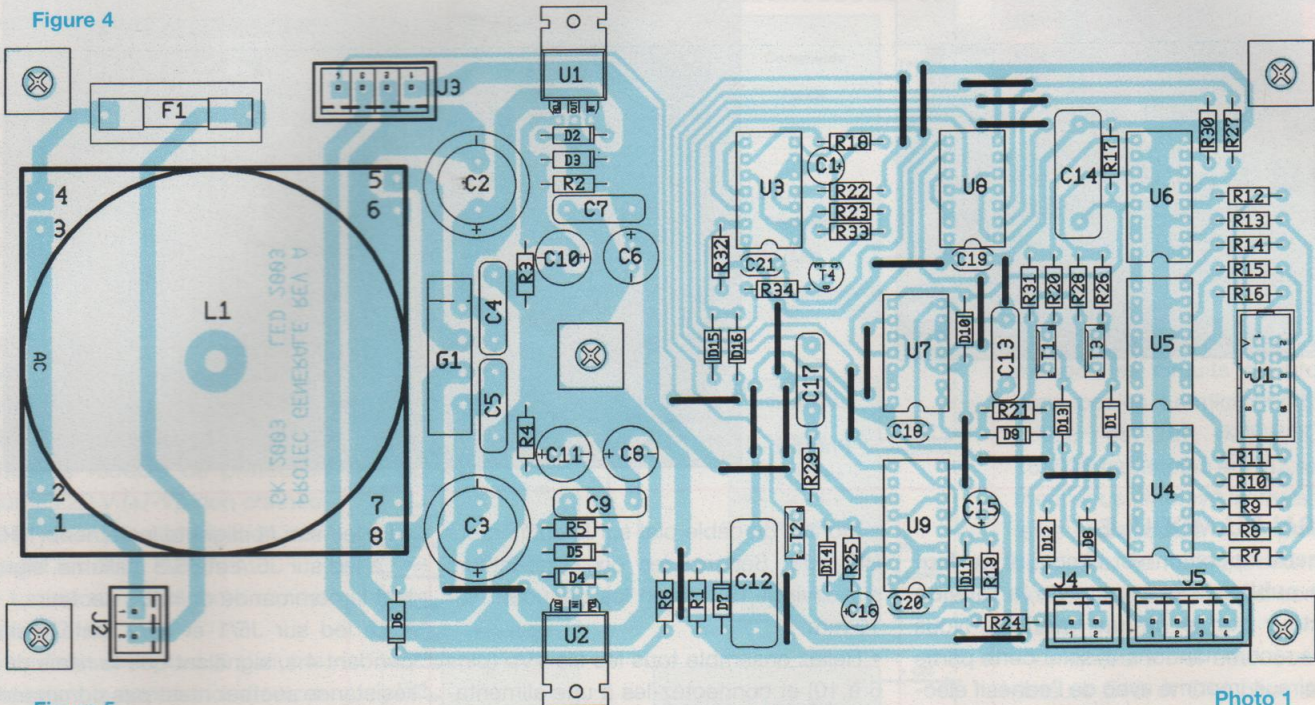
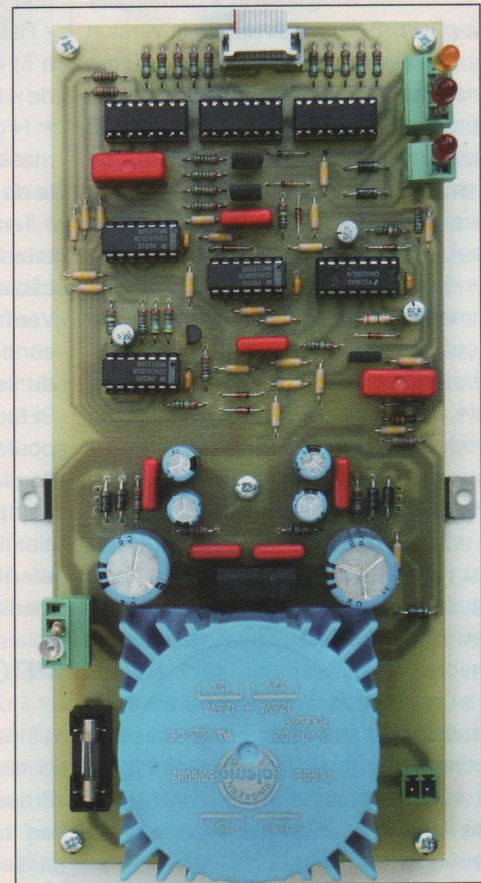


Figure 5

MODULE SECURITE GENERALE CMOS - LISTE DES COMPOSANTS			
Désignation	Valeurs	Références fabricants	Pas
<b>Résistances</b>			
R2, R5	127 Ω	Couche métallique MRS 25 1% 0,5W	10,16
R3, R4	1050 Ω	idem	"
R24	1 KΩ	idem	"
R6, R27, R30	3,3 KΩ	idem	"
R20, R22, R26, R28, R31, R34	10 KΩ	idem	"
R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16	15 KΩ	idem	"
R23, R33	47 KΩ	idem	"
R17, R29, R32	100 KΩ	idem	"
R1	240 KΩ	idem	"
R19, R21	1 MΩ	idem	"
R25	3,9 MΩ	idem	"
<b>Condensateurs</b>			
C4, C5, C7, C9, C13, C17	0,1µF/250V	Polyester 10% - WIMA - MKS4	10
C12, C14	1µF/100V	Polyester 10% - WIMA - MKS4	15
C18, C19, C20, C21	0,1 µF/63V	Céramique	5
C15, C16	4,7 µF/50V	BC Composants-Radial - série 013	3,81
C10, C11	47µF/63V	BC Composants-Radial -série 135	3,81
C3, C10	220µF/63V	BC Composants-Radial -série 135	5
C2, C3	2200 µF/35V	BC Composants-Radial -série 135	7,5
<b>Semi-conducteurs</b>			
D2, D3, D4, D5, D6, D8, D12	1N4004	1 N 4004 ou supérieur	10,16
D9, D10, D11, D14, D15, D16,	1N4148	1 N 4148 ou 1 N 914	10,16
D1, D7, D13	Zener 12V	BZX 85C12RL	10,16
G1	Pont diodes	Pont de redressement KBU 4A	5,08
T1, T2, T3	BC 547	BC 547A ou B ou C	"
U1	LM317	LM 317 T	TO22
U2	LM337	LM 337 T	"
U3, U7, U8	CD4093B	CD4093BCN ou MC14093BCP	DIL
U9	CD4538	CD4538BCN ou MC 4538BCP	"
U4, U5, U6	Opto-coupleur	Optocoupleurs KP1040E Cosmo ou Toshiba	"
<b>Divers</b>			
F1	Support fusible Fusible 315mA	Embase fusible 5x20 isolée Fusible 5x20 rapide 315mA	22,86
J1	Connecteur	Connecteur HE10 3M FKV10SN	2,54
J2, J4	Connecteur	Embase Miniconnec 2 pins pour C.I.	3,81
J3, J5	Connecteur	Embase Miniconnec 4 pins pour C.I.	"
Pour J2 et J4	Bornier	Bornier débrochable Miniconnec 2 pins	"
Pour J3 et J5	Bornier	Bornier débrochable Miniconnec 4 pins	"
L1	Transformateur	Transformateur torique miniature encapsulé - primaire 115/230V c.a.pour C.I. 25VA 2x12V TALEMA	"
Pour U1 et U2	Isolateur	Deux kits d'isolement pour boîtier TO220	"
	Vis	5 vis M3 longueur 8 mm	"
	Colonnettes	5 colonnettes M3 hauteur 10 mm	"

Photo 1



# AMPLIFICATEUR MULTICANAUX

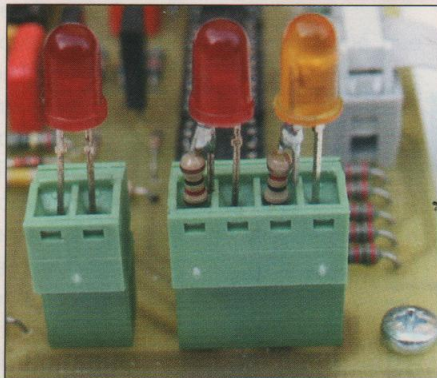


Photo 3

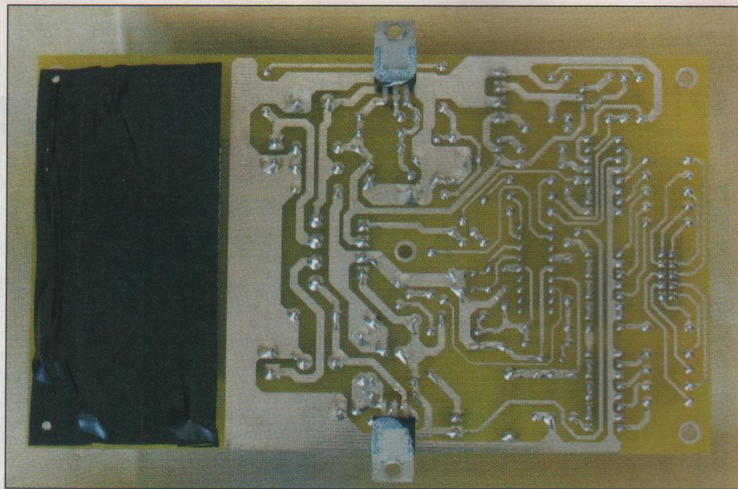


Photo 2

## ESSAI DU MODULE

Si cette opération est simple, **il ne faut pas oublier la présence de la tension secteur sur le circuit imprimé**. Nous vous recommandons d'isoler cette partie du circuit imprimé avec de l'adhésif électrique, comme vous pouvez le remarquer sur la **photo 2** (face cuivrée de la version PIC). Il vous faudra quatre led, quatre résistances de 1 k $\Omega$  et une alimentation symétrique de +/- 35 V ou plus. A défaut d'une alimentation de laboratoire, on pourra utiliser l'alimentation générale que nous avons décrite dans le numéro précédent. La **photo 3** détaille les composants de test sur J4 et J5. Commencez par préparer le module de la façon suivante :

- led de signalisation : connectez une led sur J4 avec l'anode sur la borne 2 et la cathode sur la borne 1.
- led visualisation relais résistance : connectez une résistance de 1 k $\Omega$  sur J5/1 et la cathode d'une led sur J5/2. Reliez l'anode de la led avec l'autre patte de la résistance de 1k $\Omega$ .
- led visualisation relais secteur : connectez une résistance de 1 k $\Omega$  sur J5/3 et la cathode d'une led sur J5/4.
- led visualisation temporisation générale : connectez une résistance de 1 k $\Omega$  sur J3/4 et la cathode d'une led sur J3/2. Reliez l'anode de la led avec l'autre patte de la résistance de 1k $\Omega$ .

- Montez un câble plat sur le connecteur HE10/J1. Séparez les dix conducteurs sur environ 15 mm en les dénudant sur 10 mm.
- Reliez ensemble tous les fils +Vp (pins 6 à 10) et connectez-les à une alimentation + 35 à + 50 V environ
- Reliez ensemble tous les fils -Vp (pins 1 à 5) et connectez-les à une alimentation de - 35 à - 50 V.
- N'oubliez pas de relier également la masse de l'alimentation à celle du module de protection générale (J3/2).
- Terminez par le raccordement du secteur 220 V sur le connecteur J2 avec un câble muni d'une prise de courant mâle. Vérifiez sérieusement toutes les connexions et rappelez-vous la présence du secteur en certains points du circuit. Si tout est correct, le module est fin prêt pour les tests. Afin de simuler les conditions de mise en marche du système complet, il est judicieux d'alimenter simultanément en 220 V l'alimentation +/- 50 V et le module à tester par l'intermédiaire d'une multiprise.

## PROCEDURE DE TESTS

### 1<sup>er</sup> test : fonctionnement normal, sans défaut

Branchez la multiprise sur le 220 V, les led de signalisation indiquent les états suivants :

- La led sur J4 clignote lentement (1 Hz).
  - La led sur J5/4 et J5/3 s'allume, signalant la commande du relais secteur
  - La led sur J5/1 et J5/2 reste éteinte pendant 4 s, signalant que le relais de la résistance secteur n'est pas commandé, puis s'allume.
  - A la fin de la temporisation de 20 s, la led sur J3 s'allume signalant un niveau haut pour la commande des relais des protections locales.
  - La led sur J4 s'illumine en continu signalant que le système est fonctionnel.
- ### 2<sup>e</sup> test : en défaut pendant le fonctionnement
- Après le 1<sup>er</sup> test, laissez le module sous tension, comme en fonctionnement normal.
  - Débranchez les fils + Vp.
  - La led sur J4 clignote rapidement signalant une anomalie.
  - Simultanément, la led relais secteur (J5 4 et 3) s'éteint signalant la coupure du relais.
  - La led de temporisation (J3 4 et 2) s'éteint, signalant un niveau bas permettant de déconnecter les relais des protections locales.
  - La led sur J5/1 et 2 reste allumée, le relais de la résistance secteur reste commandé, mais c'est sans incidence puisque le secteur est coupé. Le système est en protection et le secteur alimentant les alimentations de puis-

sance est coupé. Seuls les systèmes de protection restent alimentés. Pour réarmer le circuit de protection, il faut couper son alimentation secteur. Prenez le temps de tester également le fonctionnement de la protection avec la tension négative  $-V_p$ .

### 3<sup>e</sup> test : en défaut à la mise sous tension secteur

Nous allons maintenant simuler un défaut à la mise sous tension, par exemple un ou plusieurs fusibles de puissance défectueux. Branchez uniquement le module de protection sur le 220 V (+/-  $V_p$  non connectés), les led de signalisation indiquent les états suivants :

- La led sur J4 clignote rapidement (2 Hz).
- La led sur J5/4 et 3 s'allume, signalant la commande (temporaire) du relais secteur pour permettre aux condensateurs de l'alimentation générale de se charger.

• Après 4 secondes :

La led sur J5/1 et 2 s'allume, le relais « résistance secteur » est commandé

La led sur J5/3 et 4 s'éteint signalant la coupure du relais secteur des alimentations de puissance.

- A la fin de la temporisation de 20 s, la led de temporisation (J3) s'allume, commandant les relais de sorties des protections locales. Mais comme les circuits de puissance ne sont plus alimentés, il n'y a pas de conséquences fâcheuses.

Ceci termine les tests de votre circuit de protection générale version 1.

## CIRCUIT DE PROTECTION GENERALE VERSION PIC

Cette version n'aurait jamais vu le jour sans la collaboration très active de Pierre Zadrozynski qui a effectué la programmation et les tests sur le microcontrôleur. Nous le remercions vivement.

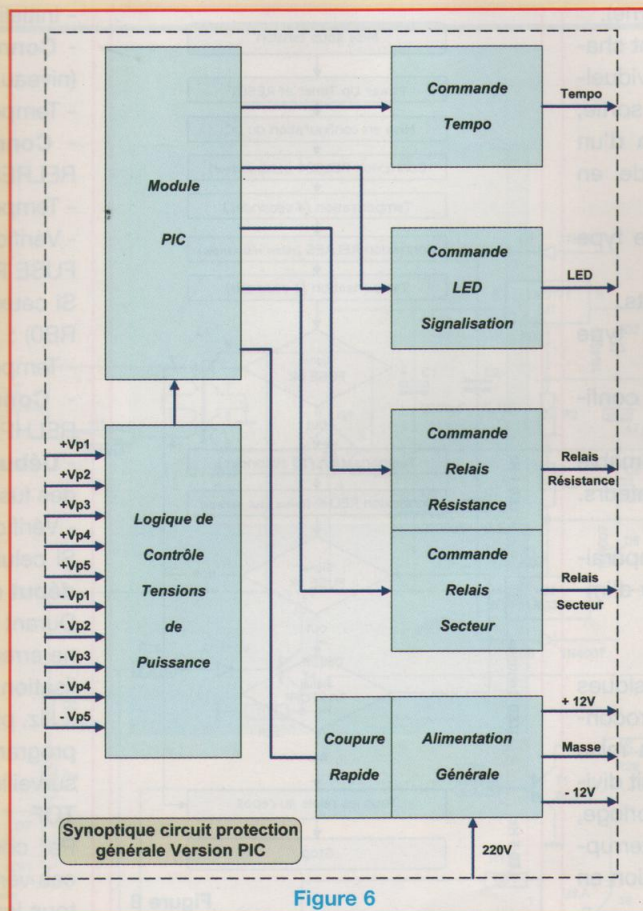


Figure 6

L'intérêt de cette version devient évident à l'examen du synoptique présenté à la figure 6. On constate que l'utilisation d'un microcontrôleur programmable avec ses multiples entrées et sorties a permis de simplifier notablement le circuit. On retrouve la logique de contrôle des tensions de puissance, les commandes des relais secteur et résistance ainsi que la temporisation générale et la signalisation de fonctionnement.

Examinons un peu plus en détails maintenant le schéma figure 7. La partie détection de défaut fusible (+/-  $V_p$ ) est la même que dans la première version, mais nous avons ajouté une diode Zener D12 de 5V1 pour ramener un niveau « 1 » compatible avec le microcontrôleur. L'alimentation +/- 12 V, le dispositif de coupure rapide et les commandes des relais secteur et résistance n'ont pas changé. Seules les valeurs des résis-

tances de limitation du courant dans les photodiodes sont passées de 3,3 k $\Omega$  (R30/R31) à 681  $\Omega$  (R11/R16) compte tenu du passage de la tension de commande de 12 V à 5 V. Les résistances R30 et R31, la diode D4 et le transistor T4 permettent d'inverser la logique issue de la sortie RA2 de U6 tout en l'amenant à un niveau compatible avec celui nécessaire pour commander les circuits de protections locales. Le microcontrôleur utilisé est un MICROCHIP 16F628 cadencé à 4 MHz, largement sous employé ici mais facilement disponible à un prix raisonnable. Sa mise en oeuvre ne nécessite que quelques composants :

- Un quartz X1 et deux condensateurs C13 et C14 pour le circuit d'horloge.

- Deux résistances R17 et R19, une diode D11 et un condensateur C12 pour le circuit de reset. La résistance R27, la diode Zener D13 et les condensateurs

C16 et C17 permettent de ramener la tension de 12 V à 5 V, tension nécessaire pour alimenter le PIC. Les résistances R9 et R29 ainsi que le transistor T1 commandent la led de signalisation. Intéressons-nous maintenant plus particulièrement au microcontrôleur et à sa programmation.

## LE MICROCONTRÔLEUR

Comme tous les microcontrôleurs de cette famille, ce circuit est du type RISC (jeu d'instructions réduit). Grâce à son architecture interne de type Harvard, il présente des caractéristiques très particulières qui lui confèrent une vitesse d'exécution remarquable :

- Le chargement simultané des données à traiter et des codes de programme.

- Dans la grande majorité des cas, l'exécution d'une ligne d'instruction ne nécessite qu'un seul cycle horloge interne

# AMPLIFICATEUR MULTICANAUX

(quatre cycles base de temps externe). Il est doté de deux ports 8 bits dont chacun des huit canaux peut être individuellement configuré en entrée ou en sortie, ceci même en cours d'exécution d'un programme. En outre, il possède en interne :

- Une mémoire de programme de type FLASH de 2048 x 14 bits.
- Une mémoire RAM de 224 x 8 bits.
- Une mémoire rémanente du type EEPROM de 128 x 8 bits.
- Deux comparateurs analogiques configurables.
- Une source de tension programmable pouvant être affectée aux comparateurs.
- Trois timers.
- Un module de capture et de comparaison de signaux modulés en largeur d'impulsion (PWM).
- Une interface USART/SCI.

... Ainsi que les composants classiques que l'on retrouve sur tous les microcontrôleurs de la famille : Reset à la mise sous tension, chien de garde, circuit diviseur programmable des signaux horloge, protection des données, jeu d'interruptions et possibilité de programmation en circuit, etc.

## LA CONFIGURATION

Pour les besoins de cette application, nous n'utiliserons que quelques-unes des multiples possibilités offertes par ce circuit :

- La fonction reset à la mise sous tension (POR).
- La temporisation de mise sous tension (Power Up Timer).
- Le timer 0.
- Le circuit diviseur programmable pour cette application affecté au timer 0.
- Les canaux 0 et 1 du port B configurés en entrées.
- Les canaux 0, 1, 2 et 3 du port A configurés en sorties.

Les informations à traiter sont :

- Le signal FUSE correspondant à l'état global des fusibles du montage, information dirigée vers le canal 0 du port B.
- Le signal FASTOF, information dirigée

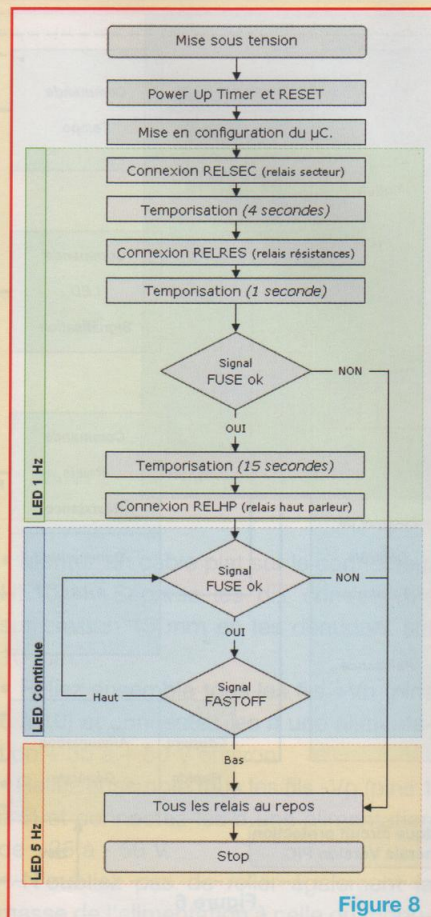


Figure 8

vers le canal 1 du port B.

Les signaux de commandes obtenues seront disponibles sur :

- Le canal 0 du port A pour la position du relais secteur (RELSEC).
- Le canal 1 du port A pour la position du relais résistances (RELRES).
- Le canal 2 du port A pour la position du relais HP (RELHP).
- Le canal 3 du port A pour la led de signalisation (led).

## LA LOGIQUE

La mise sous tension du microcontrôleur déclenche le processus suivant le programme (figure 8) :

- Initialisation du microcontrôleur par temporisation après la mise sous tension, puis reset.
- Mise en configuration des entrées-sorties, comparateurs, chien de garde, pré-diviseur, etc.

- Initialisation des niveaux de sortie.
- **Connexion** du relais secteur RELSEC (niveau haut RA0).
- Temporisation de 4 secondes.
- **Connexion** du relais de résistances RELRES (niveau haut RA1).
- Temporisation de 1 seconde.
- Vérification de l'état des fusibles (signal FUSE Port B, 0).
- Si ceux-ci sont en bon état (niveau haut RB0) :
- Temporisation de 15 secondes.
- **Connexion** du relais haut-parleurs RELHP (niveau bas RA2).
- **Début de boucle** : vérification de l'état des fusibles. Si ceux-ci sont en bon état :
- Vérification du signal FASTOF (RB1).
- Si celui-ci est au niveau haut, retour au **début de boucle**.

Durant toute cette séquence, et si aucune erreur n'est détectée, la led de signalisation clignotera à une fréquence de 1 Hz, puis restera allumée fixe tant que le programme tournera en boucle sur la surveillance des signaux FUSE et FASTOF.

Par contre, si au cours d'une seule de ces vérifications une erreur est détectée, tous les relais seront désactivés et la led clignotera à une fréquence de 5 Hz.

## LE PROGRAMME

A noter tout d'abord certaines particularités du programme décrit dans ce chapitre :

- Pour les signaux de commandes des relais, le niveau actif est le niveau haut à l'exception du signal RELHP pour lequel le niveau actif sera le niveau bas. Ce choix a permis de réduire le nombre de composants nécessaires à l'adaptation du niveau de sortie vers les modules de protections locales.

- Exception faite des sauts à l'intérieur du programme, nous avons vu que l'exécution d'une ligne d'instruction ne nécessite qu'un cycle d'horloge interne (4 cycles de base de temps quartz) c'est-à-dire 1 µs. Sachant que notre led doit signaler la temporisation de mise en route (clignotement 1 Hz) ainsi que la détection d'un éventuel défaut (clignotement 5 Hz),

# UNE CONCEPTION MODULAIRE

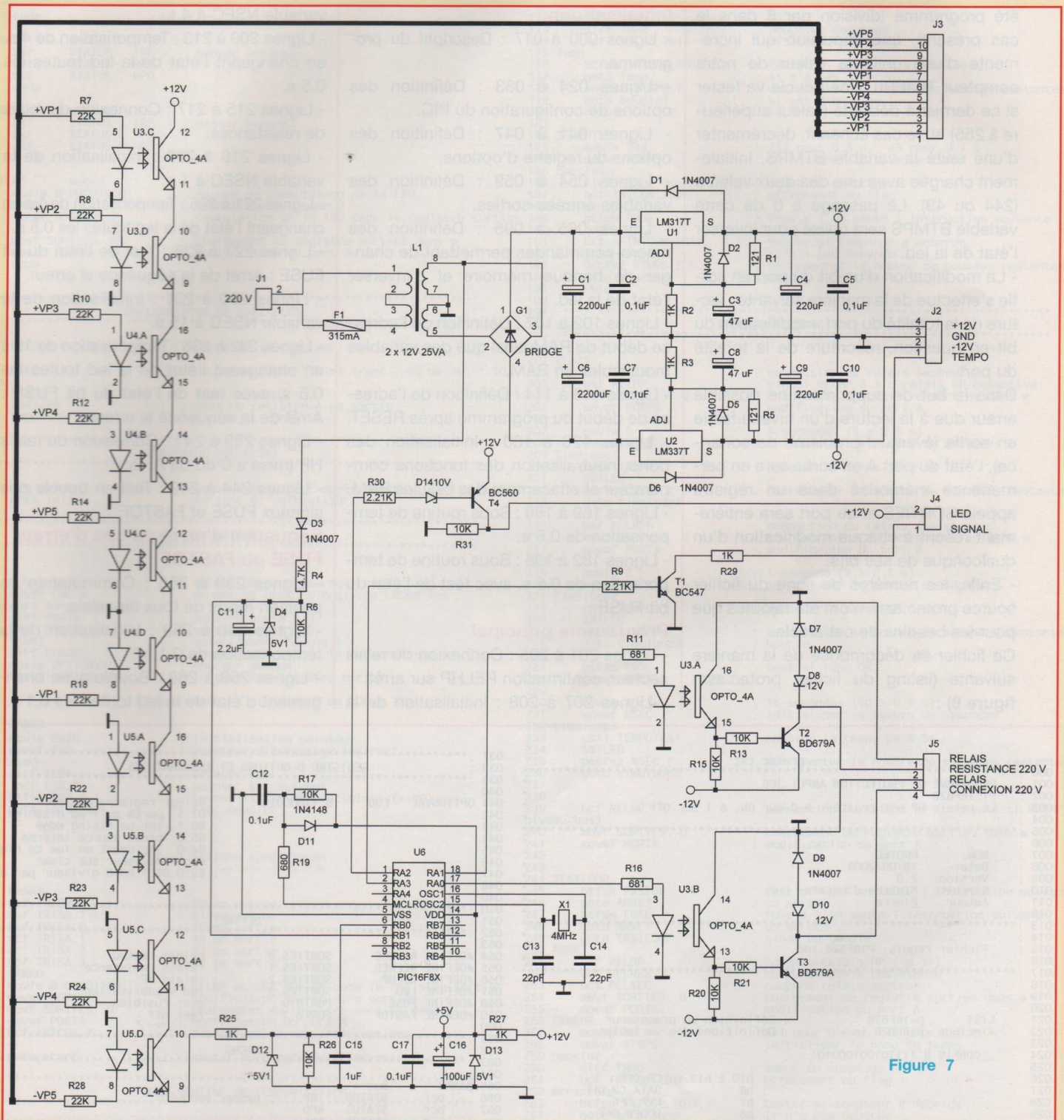


Figure 7

les calculs et essais nous ont permis de déterminer les valeurs d'initialisation de notre variable base de temps interne

(BTMPS): 244 pour 1 Hz, 49 pour 5 Hz.  
- La temporisation fonctionne sur le principe suivant : le diviseur reçoit les

signaux de l'horloge interne (un quart de la fréquence du quartz), et envoie, après avoir effectué la division pour laquelle il a

# AMPLIFICATEUR MULTICANAUX

été programmé (division par 8 dans le cas présent), une impulsion qui incrémente d'une unité la valeur de notre compteur TIMER0. Une boucle va tester si ce dernier a débordé (valeur supérieure à 255) et, le cas échéant, décrémenter d'une unité la variable BTMPS, initialement chargée avec une des deux valeurs (244 ou 49). Le passage à 0 de cette variable BTMPS sera utilisé pour inverser l'état de la led.

- La modification d'un bit du port en sortie s'effectue de la manière suivante : lecture de la totalité du port, modification du bit en question, réécriture de la totalité du port.

Dans le but de supprimer une possible erreur due à la lecture d'un niveau faible en sortie (éventuel problème de sortance), l'état du port A en sortie sera en permanence mémorisé dans un registre appelé SORTIES et ce port sera entièrement réécrit à chaque modification d'un quelconque de ses bits.

- Enfin, les numéros de ligne du fichier source protec.asm n'ont été rajoutés que pour les besoins de cet article.

Ce fichier se décompose de la manière suivante (listing du fichier protec.asm figure 9) :

## Initialisations

- Lignes 000 à 017 : Descriptif du programme.

- Lignes 024 à 033 : Définition des options de configuration du PIC.

- Lignes 041 à 047 : Définition des options du registre d'options.

- Lignes 054 à 059 : Définition des variables entrées-sorties.

- Lignes 065 à 095 : Définition des macro-commandes permettant de changer de banque mémoire et d'inverser l'état de la led.

- Lignes 102 à 107 : Définition de l'adresse début de RAM ainsi que des variables modifiables en RAM.

- Lignes 113 à 114 : Définition de l'adresse de début du programme après RESET.

- Lignes 120 à 160 : Initialisation des ports, neutralisation des fonctions comparateur et effacement des cellules RAM.

- Lignes 169 à 180 : Sous routine de temporisation de 0.5 s.

- Lignes 182 à 195 : Sous routine de temporisation de 0.5 s. avec test de l'état du bit FUSE.

## Programme principal

- Lignes 201 à 205 : Connexion du relais secteur, confirmation RELHP sur arrêt.

- Lignes 207 à 208 : Initialisation de la

variable NSEC à 4 s.

- Lignes 209 à 213 : Temporisation de 4 s. en changeant l'état de la led toutes les 0.5 s.

- Lignes 215 à 217 : Connexion du relais de résistances.

- Lignes 219 à 220 : Initialisation de la variable NSEC à 1 s.

- Lignes 221 à 225 : Temporisation de 1 s en changeant l'état de la led toutes les 0.5 s.

- Lignes 227 à 228 : Test de l'état du bit FUSE : Arrêt de la séquence si erreur.

- Lignes 230 à 231 : Initialisation de la variable NSEC à 15 s.

- Lignes 232 à 236 : Temporisation de 15 s en changeant l'état de la led toutes les 0.5 s, avec test de l'état du bit FUSE : Arrêt de la séquence si erreur.

- Lignes 239 à 241 : Connexion du relais HP (mise à 0 du bit A, 2).

- Lignes 244 à 249 : Test en boucle des signaux FUSE et FASTOF.

## Séquence d'arrêt en cas d'erreur FUSE ou FASTOF

- Lignes 250 à 255 : Commutation en position repos de tous les relais.

- Lignes 256 à 258 : Initialisation de la temporisation de 0.1 s.

- Lignes 259 à 268 : Boucle avec changement d'état de la led toutes les 0.1 s.

```

000 ..... protec.txt ..... 037 .....
001 ..... 038 ..... REGISTRE D OPTIONS ET ASSIGNATIONS ..... *
002 PROGRAMME DE PROTECTION AMPLI JCG ..... 039 .....
003 PIC16F628 ..... 040 .....
004 Le relais HP est traité : à 0 sur ON, à 1 sur OFF ..... 041 OPTIONVAL EQU B'11000010' ; Valeur registre option
005 ..... 042 ..... ; B7:1 portB pull-up disabled
006 ..... 043 ..... ; B6:1 int on rising edge
007 NOM: PROTEC ..... 044 ..... ; B5:0 clock source interne
008 Date: 19/09/2003 ..... 045 ..... ; B4:0 increment on low to high
009 Version: 2.0 ..... 046 ..... ; B3:0 diviseur sur timer
010 Circuit: Platine d'essais ..... 047 ..... ; B2:0,B1:1,B0:0 diviseur par 8
011 Auteur: Pierre ..... 048 .....
012 ..... 049 .....
013 ..... 050 .....
014 ..... 051 .....
015 Fichier requis: P16F628.inc ..... 052 .....
016 ..... 053 .....
017 ..... 054 #DEFINE RELSEC SORTIES, 0 ; relais secteur
018 ..... 055 #DEFINE RELRES SORTIES, 1 ; relais resistance
019 ..... 056 #DEFINE RELHP SORTIES, 2 ; relais HP
020 ..... 057 #DEFINE LED SORTIES, 3 ; led signalisation
021 LIST p=16F628 ; Définition du processeur ..... 058 #DEFINE FUSE PORTB, 0 ; etat fusibles
022 #include <p16F628.inc> ; Définitions des variables ..... 059 #DEFINE FASTOF PORTB, 1 ; fast off
023 ..... 060 .....
024 _CONFIG B'11110100100010' ..... 061 .....
025 ..... 062 .....
026 ..... 063 .....
027 ; b10 à b13 : _CP_OFF ..... 064 .....
028 ; b8 : _DATA_CP_OFF ..... 065 BANK0 macro
029 ; b7 : _LVP_OFF ..... 066 bcf STATUS, IRP ; passer banque0
030 ; b6 : _BODEN_OFF ..... 067 bcf STATUS, RPO ;
031 ; b5 : _MCLR_ON ..... 068 bcf STATUS, RP1 ;
032 ; b3 : _PWRT_ON ..... 069 endm
033 ; b2 : _WDT_OFF ..... 070 .....
034 ; b4, b1, b0 : _HS_OSC ..... 071 BANK1 macro
035 ..... 072 bcf STATUS, IRP ; passer banque1
036 ..... 073 bcf STATUS, RP1 ;
037 ..... 074 bsf STATUS, RPO ;

```

# UNE CONCEPTION MODULAIRE

```

075     endm
076
077 BANK2     macro
078     bsf   STATUS , IRP ; passer banque2
079     bsf   STATUS , RP1
080     bcf   STATUS , RPO
081     endm
082
083 BANK3     macro
084     bsf   STATUS , IRP ; passer banque3
085     bsf   STATUS , RP1
086     bsf   STATUS , RPO
087     endm
088
089 SWTLED   macro
090     movlw B'00001000' ; masque de commutation de la LED
091     BANKO ; sélectionner banque 0
092     xorwf SORTIES,f ; commutation de la led dans le registre sorties
093
094     movf  SORTIES, 0 ; chargement du registre sorties dans w
095     movwf PORTA ; modification du port A
096     endm
097
098 *****
099     DECLARATIONS DE VARIABLES *
100 *****
101
102 CBLOCK 0x020 ; début de la zone variables
103
104 NSEC : 1 ; nb de secondes * 2 si 1/sec , nb de sec * 10
si 5/sec
105 BTMPS : 1 ; base de temps
106 SORTIES : 1 ; état du registre A en sortie
107 ENDC ; Fin de la zone
108
109 *****
110     DEMARRAGE SUR RESET *
111 *****
112
113 org 0x000 ; Adresse de départ après reset
114 goto init ; Adresse 0: initialiser
115
116 *****
117     INITIALISATIONS *
118 *****
119
120 init
121     MOVWLW 0x07 ; on met 07 dans le registre W
122     MOVWLF CMCON ; on met 07 dans le registre CMCON les
comparateurs sont inhibés
123     clrf PORTA ; Sorties portA à 0
124     clrf PORTB ; sorties portB à 0
125     BANK1 ; sélectionner banque 1
126     clrf EADR ; permet de diminuer la consommation
127     movlw OPTIONVAL ; charger masque
128     movwf OPTION_REG ; initialiser registre option
129
130 ; Effacer RAM (banque 0 de 20h à 7fh)
131 ; -----
132
133     BANKO
134     movlw 0x20 ; initialisation pointeur
135     movwf FSR ; pointeur d'adressage indirect
initram0)
136     clrf INDF ; effacer ram
137     incf FSR,f ; pointer sur suivant
138     btfsz FSR,7 ; tester si fin zone atteinte (>=80)
139     goto initram0 ; non, boucler
140
141
142 ; initialisations spécifiques
143 ; -----
144
145
146     BANK1
147     bsf TRISB,0 ; B0 en entrée
148     bsf TRISB,1 ; B1 en entrée
149     bcf TRISA,0 ; A0 en sortie
150     bcf TRISA,1 ; A1 en sortie
151     bcf TRISA,2 ; A2 en sortie
152     bcf TRISA,3 ; A3 en sortie
153
154     BANKO
155     movlw B'00001100' ; RELHP et LED sur ON dans le registre sorties
156     movwf SORTIES ; modification du registre sorties
157     movf SORTIES, 0 ; chargement du registre sorties dans w
158     movwf PORTA ; modification du port A
159     bcf INTCON,7 ; desactivation des interruptions
160
161     goto start ; sauter au programme principal
162 *****
163     SOUS-ROUTINE DE TEMPORISATION *
164 *****
165
166     Sous-routines de temporisation
167     Variable 244 pour un clignotement de 1 Hz , 49 pour 5Hz
168
169 TEMPO
170     movlw 244 ; 244 pour 0.5 s , 49 pour 0.1 s
171     movwf BTMPS ; initialiser la base de temps
172 boucle1
173     clrf TMRO ; debut du comptage
174     bcf INTCON,TOIF ; effacement du flag
175     loop
176     btfsz INTCON,TOIF ; tester si compteur a deborde
177     goto loop ; il n'a pas deborde
178     decfsz BTMPS,f ; decrements le nombre de boucles restantes
179     goto boucle1 ; si pas 0 boucler
180     return
181
182 TEMPOTEST
183     movlw 244 ; 244 pour 0.5 s , 49 pour 0.1 s
184     movwf BTMPS ; initialiser la base de temps
185     boucle3
186     clrf TMRO ; debut du comptage
187     bcf INTCON,TOIF ; effacement du flag
188     loop3
189     btfsz FUSE ; fuse a 1 on saute l instruction suivante
190     goto ARRET ; on arrete
191     btfsz INTCON,TOIF ; tester si compteur a deborde
192     goto loop3 ; il n'a pas deborde
193     decfsz BTMPS,f ; decrements le nombre de boucles restantes
194     goto boucle3 ; si pas 0 boucler
195     return
196
197 *****
198     PROGRAMME PRINCIPAL *
199 *****
200
201 start
202     bsf RELSEC ; connection du relais secteur
203     bsf RELHP ; signal RELHP a 1 : relais HP désactivé
204     movf SORTIES, 0 ; chargement du registre sorties dans w
205     movwf PORTA ; modification du port A
206
207     movlw 8 ; 4 secondes (8 x 0.5 s)
208     movwf NSEC ; initialiser le nombre de secondes
209     timeloop1
210     call TEMPO ; appeler la tempo de 0.5s
211     SWTLED
212     decfsz NSEC,f ; decrements le nombre de secondes restantes
213     goto timeloop1
214
215     bsf RELRES ; connection du relais resistances
216     movf SORTIES, 0 ; chargement du registre sorties dans w
217     movwf PORTA ; modification du port A
218
219     movlw 2 ; 1 seconde (2 x 0.5 s)
220     movwf NSEC ; initialiser le nombre de secondes
221     timeloop2
222     call TEMPO ; appeler la tempo de 0.5s
223     SWTLED
224     decfsz NSEC,f ; decrements le nombre de secondes restantes
225     goto timeloop2 ; boucle
226
227     btfsz FUSE ; test si fuse OK
228     goto ARRET
229
230     movlw 30 ; 15 secondes (30 x 0.5 s)
231     movwf NSEC ; initialiser le nombre de secondes
232     timeloop3
233     call TEMPOTEST ; appeler la tempo de 0.5s
234     SWTLED
235     decfsz NSEC,f ; decrements le nombre de secondes restantes
236     goto timeloop3
237
238
239     bcf RELHP ; connection du relais HP (connecté si RELHP
niveau bas)
240     movf SORTIES, 0 ; chargement du registre sorties dans w
241     movwf PORTA ; modification du port A
242
243
244 TESTLOOP
245     btfsz FASTOF ; fast off a 1 on saute l instruction suivante
246     goto ARRET ; on arrete
247     btfsz FUSE ; fuse a 1 on saute l instruction suivante
248     goto ARRET ; on arrete
249     goto TESTLOOP ; sinon on boucle
250
251     ARRET
252     bsf RELHP ; coupure relais HP ( a 1 )
253     bcf RELRES ; coupure relais resistance
254     bcf RELSEC ; coupure relais secteur
255     movf SORTIES, 0 ; chargement du registre sorties dans w
256     movwf PORTA ; modification du port A
257
258     ERREUR
259     movlw 49 ; 244 pour 0.5 s , 49 pour 0.1 s
260     movwf BTMPS ; initialiser la base de temps
261     boucle2
262     clrf TMRO ; debut du comptage
263     bcf INTCON,TOIF ; effacement du flag
264     errorloop
265     btfsz INTCON,TOIF ; tester si compteur a deborde
266     goto errorloop ; il n'a pas deborde
267     decfsz BTMPS,f ; decrements le nombre de boucles restantes
268     goto boucle2 ; si pas 0 boucler
269     SWTLED ; si 0 commuter la led
270     goto ERREUR ; recommencer
271     END ; fin de programme

```

Figure 9

## LA PROGRAMMATION

Le fichier source `protec.asm` a été créé puis compilé grâce au programme MPLAB version 5.70.40 de Microchip. Il est tout à fait normal que, lors de cette opération, le compilateur nous mette en garde contre d'éventuelles erreurs de sélection de banque mémoire. La version compilée obtenue sera automatiquement nommée `protec.hex` (figure 10).

La programmation proprement dite du circuit a été effectuée avec le kit de programmation Picstart Plus de Microchip, programmation qui est des plus simples dans la mesure où toutes les options sont définies à la ligne 024 du fichier `.asm` (et dans le fichier `.hex` par voie de conséquence). Pour vous éviter de retaper ces programmes, ces fichiers `protec.asm` et `protec.hex` seront téléchargeables. Veuillez nous contacter par e-mail pour obtenir le lien.

## ATTENTION

- Le programme MPLAB étant d'origine américaine, les caractères spécifiques à la langue française (caractères accentués, par exemple) ne sont pas reconnus lors de la compilation.

- De plus, MPLAB est un programme « case sensitive » c'est-à-dire que la variable `FASTOF` sera reconnue comme étant différente de la variable `Fastof`.

Les lecteurs souhaitant davantage d'informations sur ce microcontrôleur pourront trouver un descriptif *in extenso* du PIC 16F628 sous forme de datasheet (ref. DS40300C) sur le site Web de Microchip sous le lien :

<http://www.microchip.com/download/lit/picmicro/families/16c62x/40300c.pdf>

La version 5.70.40 du programme MPLAB qui a servi d'éditeur de texte pour créer le fichier `protec.asm` et qui a permis de le compiler (`protec.hex`) est téléchargeable sur le site Web de Microchip sous le lien :

<http://www.microchip.com/download/tools/picmicro/devENV/v570/v57040/mp57full.zip>

Un « must » à recommander à tous ceux qui aimeraient s'initier ou se perfectionner.

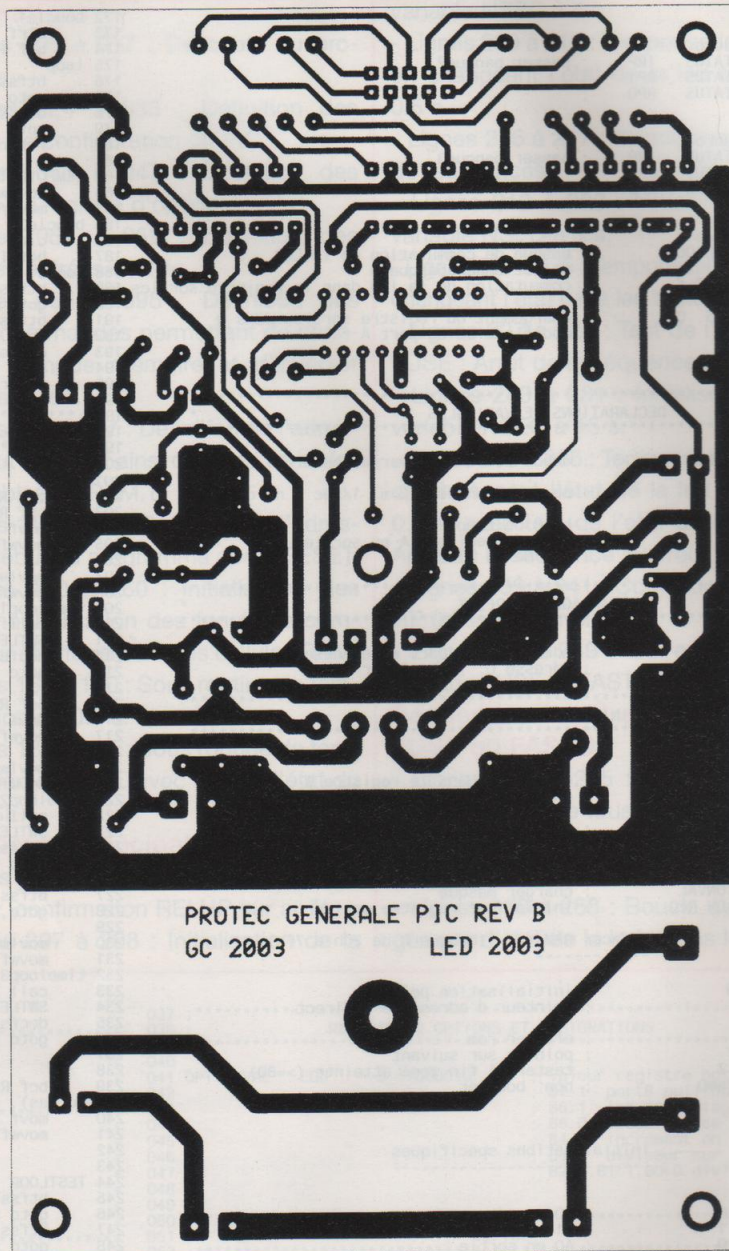


Figure 11

```
:020000040000FA
:1000000012807309F00850186018313031383169F
:100010009B01C230810083138312031320308400BC
:100020008001840A841F1028831303138316061487
:10003000861405108510051185118313831203138F
:100040000C30A200220885008B133A28F430A1005E
:1000500081010B110B1D2A28A10B28280800F43060
:10006000A10081010B11061C6F280B1D3328A10B69
:100070003128080022142215220885000830A0002B
:1000800026200830831383120313A206220885005A
:10009000A00B4028A214220885000230A0002620D0
:1000A0000830831383120313A20622088500A00BD5
:1000B0004F28061C6F281E30A0002F200830831305
:1000C00083120313A20622088500A0085D282211CB
:1000D00022088500861C6F28061C6F286A28221586
:1000E000A2102210220885003130A10081010B11DD
:1000F0000B1D7828A10B7628083083138312031375
:08010000A20622088500742804
:02400E00223D51
:00000001FF
```

Figure 10



# UNE CONCEPTION MODULAIRE

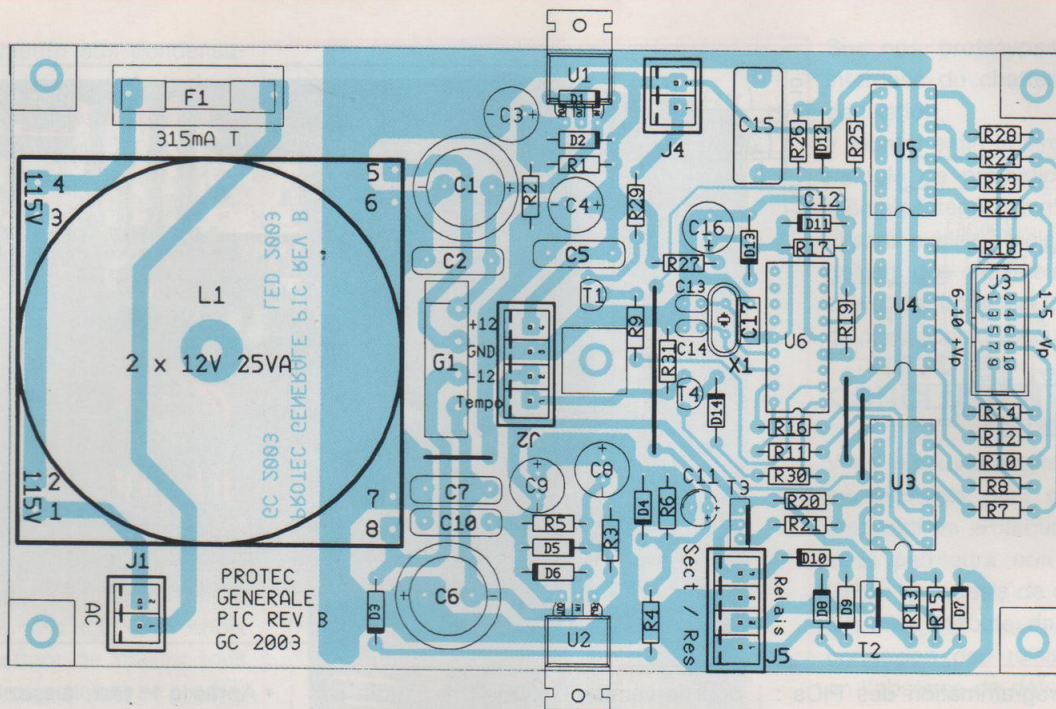
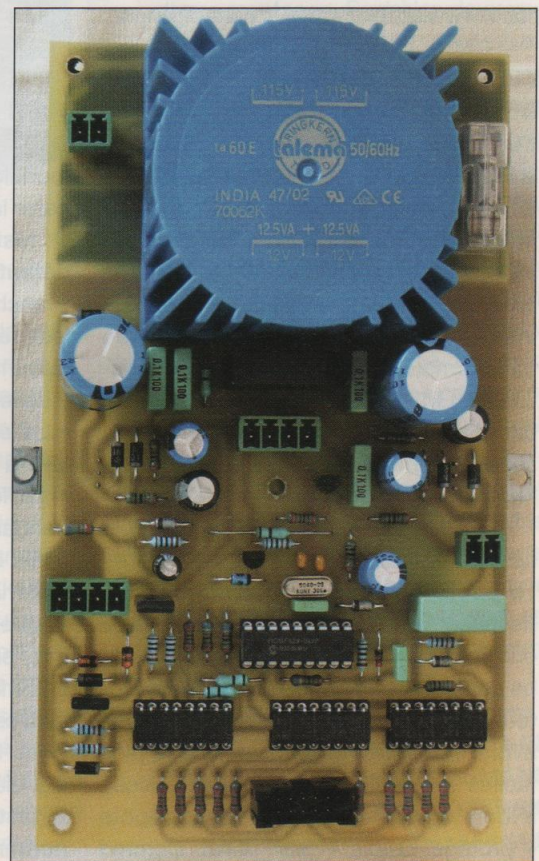


Figure 12

MODULE SECURITE GENERALE PIC - LISTE DES COMPOSANTS			
Désignation	Valeurs	Références fabricants	Pas
<b>Résistances</b>			
R1, R5	121 Ω	Couche métallique MRS 25 1% 0,5W	10,16
R16, R11, R19	681 Ω	idem	"
R2, R3, R25, R27, R29	1 KΩ	idem	"
R9, R30	2,21 KΩ	idem	"
R4	4,7 KΩ	idem	"
R6, R13, R15, R17, R20, R21, R26, R31	10 KΩ	idem	"
R7, R8, R10, R12, R14, R18, R22, R23, R24, R28	22 KΩ	idem	"
<b>Condensateurs</b>			
C2, C5, C7, C10	0,1µF/250V	Polyester 10% - WIMA - MKS4	10
C12, C17	0,1µF/100V	MKT1826 - WISHAY	5
C15	1µF/100V	Polyester 10% - WIMA - MKS4	15
C13, C14	22pF	Kemet	2,54
C11	2,2 µF/25V	BC Composants-Radial - série 013	2,5
C3, C8	47µF/25V	BC Composants-Radial -série 135	3,81
C16	100µF/25V	BC Composants-Radial -série 135	3,81
C4, C9	220µF/35V	BC Composants-Radial -série 135	3,81
C1, C6	2200 µF/35V	BC Composants-Radial -série 135	7,5
<b>Semi-conducteurs</b>			
D1, D2, D3, D5, D6, D7, D9	1N4007	1 N 4007	
D11	1N4148	1 N 4148 ou 1 N 914	
D8, D10	Zener 12V	BZX 85C12RL	
D4, D12, D13	Zener 5V1	BZX 85C5V1RL	
D14	Zener 10V	BZX 85C10VRL	
G1	Pont diodes	Pont de redressement KBU 4A	5,08
T1	BC 547	BC 547 A ou B ou C	TO92
T4	BC 560	BC 560 A ou B ou C	TO92
T2, T3	BD679	BD679A - MOTOROLA	TO12
U1	LM317	LM 317 T	TO22
U2	LM337	LM 337 T	"
U3, U4, U5	Opto-coupleur	KP1040E Cosmo ou PC847 Sharp	DIL
U6	PIC	PIC16F628	DIL
XTAL	4MHz	Quartz 4MHz - boîtier HC49/U ou S	
<b>Divers</b>			
F1	Support fusible	Embase fusible 5x20 isolée	22,86
	Fusible 315mA	Fusible 5x20 rapide 315mA	
J3	Connecteur	Connecteur HE10 3M FKV10SN	2,54
J1, J4	Connecteur	Embase Miniconnec 2 pins pour C.I.	3,81
J2, J5	Connecteur	Embase Miniconnec 4 pins pour C.I.	"
Pour J2 et J4	Bornier	Bornier débrochable Miniconnec 2 pins	"
Pour J3 et J5	Bornier	Bornier débrochable Miniconnec 4 pins	"
L1	Transformateur	Transformateur torique miniature encapsulé - primaire 115/230V c.a.pour C.I. 25VA 2x12V TALEMA	
	Vis	5 vis M3 longueur 8 mm	
	Colonnettes	5 colonnettes M3 hauteur 10 mm	

Figure 13

Photo 4



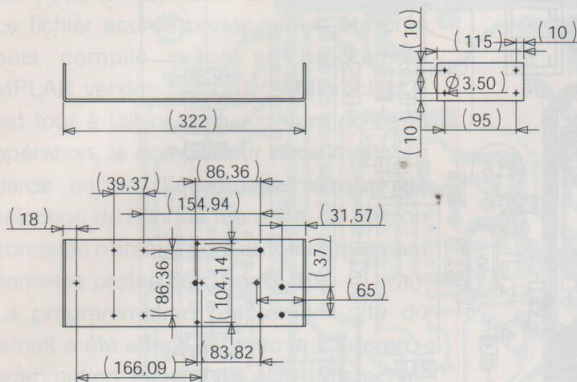


Figure 14

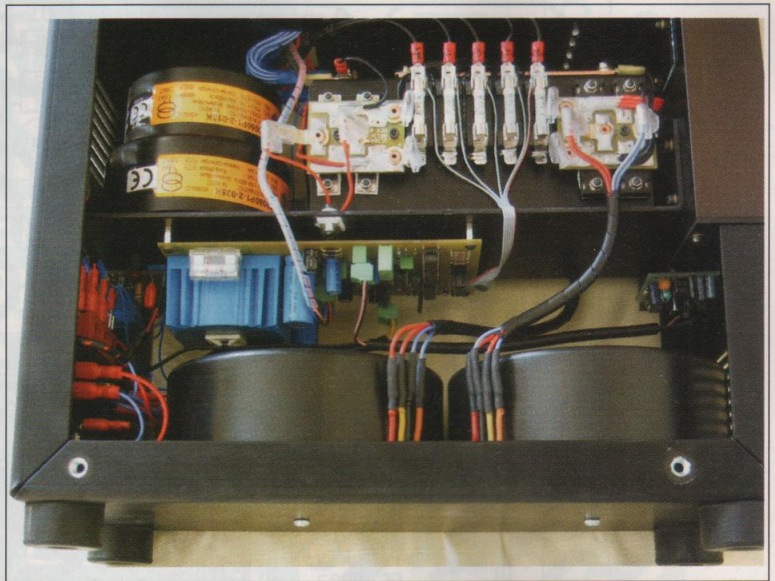


Photo 5

ner dans la programmation des PICs : l'excellent site de Bigonoff où sont disponibles gratuitement les cours rédigés par l'auteur : <http://www.abcelectronique.com/bigonoff/>.

## LE CIRCUIT IMPRIMÉ DE LA VERSION PIC

L'utilisation d'un PIC a permis de réduire la longueur du circuit imprimé de près de 60 mm, comme vous pouvez le constater **figure 11**. Pour des raisons de compatibilité avec la version CMOS, nous avons conservé la même implantation pour les trois trous de fixation à proximité du transformateur, ainsi que celles des régulateurs LM317 et LM337. On n'oubliera pas d'isoler la partie en contact avec le secteur comme on peut le voir sur la photo 3.

## LE CÂBLAGE

La **photo 4** et l'implantation (**figure 12**) devraient vous permettre de câbler le circuit imprimé sans difficulté. Cette version ne comporte que quatre straps et les lecteurs attentifs remarqueront que nous avons utilisé des résistances de 0 Ω, plus faciles à installer que les straps. Nous avons également trouvé des capots « protège fusible » bien utiles. Comme

pour la version CMOS, il ne faudra pas oublier d'isoler les semelles des boîtiers des régulateurs intégrés.

La liste des composants est disponible **figure 13**.

## TESTS DU CIRCUIT DE PROTECTION GÉNÉRALE VERSION PIC

On se reportera au chapitre « Essai du module » de la version CMOS pour préparer la procédure de tests.

### 1<sup>er</sup> test : fonctionnement normal, sans défaut

Branchez la multiprise sur le 220 V, les led de signalisation indiquent les états suivants :

- La led sur J4 clignote lentement (1 Hz).
- La led sur J5/4 et J5/3 s'allume, signalant la commande du relais secteur
- La led sur J5/1 et J5/2 reste éteinte pendant 4 secondes, signalant que le relais de la résistance secteur n'est pas commandé, puis s'allume.
- Après 20 secondes, la led sur J3 s'allume, signalant un niveau haut pour la commande des relais des protections locales.
- La led sur J4 s'illumine en continu, signalant que le système est fonctionnel.

### 2<sup>e</sup> test : en défaut pendant le fonctionnement

• Après le 1<sup>er</sup> test, laissez le module sous tension, comme en fonctionnement normal.

- Débranchez les fils +Vp.
- La led sur J4 clignote rapidement (5 Hz) signalant une anomalie.
- Simultanément les led relais secteur (J5 4 et 3), led de temporisation (J3 4 et 2), led sur J5/1 et 2 s'éteignent, signalant que tous les relais sont désactivés.

Le système est en protection et le secteur alimentant les alimentations de puissance est coupé. Seuls les systèmes de protections restent alimentés. Pour réarmer le circuit de protection, il faut couper son alimentation secteur. Prenez le temps de tester également le fonctionnement de la protection avec la tension négative - Vp.

### 3<sup>e</sup> test : en défaut à la mise sous tension secteur

Nous allons maintenant simuler un défaut à la mise sous tension, par exemple un ou plusieurs fusibles de puissance défaillants. Branchez uniquement le module de protection sur le 220 V (+/-Vp non connectés), les led de signalisation indiquent les états suivants :

- La led sur J4 clignote lentement (1 Hz).
- La led sur J5/4 et 3 s'allume, signalant la commande (temporaire) du relais sec-

# UNE CONCEPTION MODULAIRE

teur pour permettre aux condensateurs de l'alimentation générale de se charger.

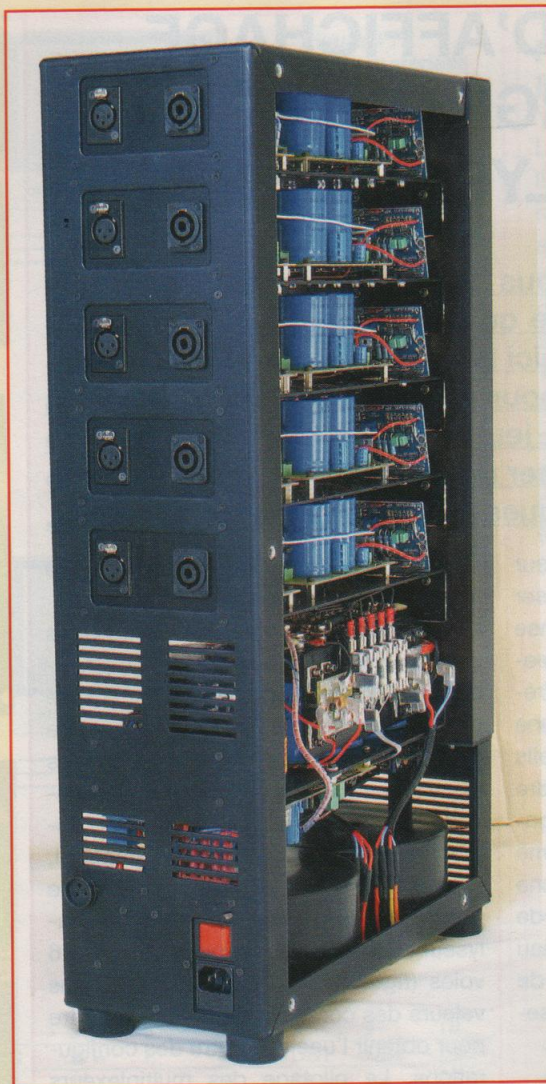
- Après 4 s, la led sur J5/1 et 2 s'allume, le relais résistance secteur est commandé.
- Après 1 s, les led sur J5/3 et 4, led sur J5/1 et 2 et led en J3 s'éteignent, signalant que tous les relais sont désactivés.
- La led sur J4 clignote rapidement (5Hz).

On remarque que le fonctionnement de la protection version PIC est légèrement différent de la version « full » CMOS. En effet, dans le troisième test le secteur reste appliqué pendant 5 secondes (au maximum) lors de la mise en route. Il s'agit d'un choix délibéré permettant de couvrir tous les cas de figures pouvant se produire et éviter ainsi une fausse détection de fusible défaillant. Ceci termine les tests de votre circuit de protection générale version PIC.

## SOUS-CHÂSSIS ALIMENTATION GÉNÉRALE

Ce sous-châssis permet de supporter les transformateurs d'alimentations des étages d'entrées des amplificateurs de puissance, le module alimentation générale/ponts de redressement/porte-fusibles ainsi que le circuit de protection générale comme le montre la **photo 5**. Il s'agit d'une simple tôle pliée en AG3 de 3 mm d'épaisseur pour supporter le poids des différents éléments. Ses côtes sont données **figure 14**. Il faudra respecter l'ordre de montage suivant :

- Fixer le sous-châssis au dissipateur (à droite sur la photo) avec des vis cylindriques 6 pans creux M3 de 8 mm de longueur.
- Fixer l'ensemble capot alimentation générale au sous-châssis à l'aide de deux colonnettes de 80 mm avec des vis fraisées M3 ou M4 (les fraisages dans la tôlerie ont été prévus pour des vis de 4). On pourra, par mesure de précaution,



enrober ces colonnettes avec de la gaine thermo pour assurer un isolement supplémentaire entre les condensateurs de l'alimentation générale et le châssis.

- Monter le (ou les) transformateur(s) d'alimentation des étages d'entrées. Nous avons interposé entre la tôle et les transformateurs deux joints d'étanchéité en mousse pour WC (disponible dans les magasins de bricolage) pour réduire des possibles vibrations. Le tout est fixé avec de la tige filetée M4 coupée à la bonne longueur. **Il faudra être particulièrement vigilant à sa longueur côté sous-châssis, compte tenu de la présence du secteur à proximité sur le circuit imprimé de la protection générale.**

Sur nos prototypes, nous avons interposé du chatterton sur l'écrou de fixation.

- Monter enfin le circuit imprimé du module de protection générale (lui-même protégé comme visible photo 2) sans oublier d'isoler du châssis les boîtiers des régulateurs. Nous avons prévu les trous de fixation pour les deux versions du circuit de protection.

## CONCLUSION

Vous disposez maintenant de tous les éléments pour construire votre dispositif de protection générale qui vous permettra non seulement de limiter les appels de courant secteur à la mise en route, de synchroniser la connexion des relais haut-parleurs en l'absence de défauts, mais aussi de surveiller vos fusibles. L'utilisation d'une alimentation secteur incorporée facilitera son intégration dans divers montages. Parmi les deux versions proposées, nous avons une nette préférence pour celle à microcontrôleur car elle permet une évolution future en fonction des besoins par simple reprogrammation.

Dans notre quatrième partie, nous vous décrirons la télécommande infrarouge utilisée, la distribution secteur et, bien sûr, le module ampli-

ficateur LCAUDIO « Millenium ». Certains lecteurs nous ont demandé pourquoi nous n'avions pas commencé cette série d'articles par la description de cet amplificateur ; la raison est très simple : il n'y avait pas encore de distributeur en France. C'est chose faite maintenant et L'Espace Passion à Antony (Hauts-de-Seine) assure la distribution et le support des produits LCAUDIO. Son site web est <http://www.espacepassion.fr/lcaudio.htm>.

A suivre...

Jean-Claude GAERTNER

Gabriel KOSSMANN

Pierre ZADROZYNSKI

[gabriel.kossmann@wanadoo.fr](mailto:gabriel.kossmann@wanadoo.fr)

# MODULE D’AFFICHAGE « BARGRAPH » POUR ANALYSEUR AUDIO

Dans Led n°173, nous vous avons présenté un module d’affichage LCD graphique qui, pour fonctionner, nécessitait un microcontrôleur. Voici une version autonome, spécialement programmée pour réaliser un « Bargraph » à seize voies. Associé à un jeu de filtres passe-bandes, ce module permettra de réaliser un analyseur de spectre audio de 2 x 8 voies stéréophoniques ou 16 voies monophoniques.

**R**appelons qu’un analyseur spectral permet de visualiser graphiquement la réponse en fréquence d’un équipement audio afin de la corriger. Les fréquences mesurées sont limitées à une dizaine de bandes sur les appareils grand public, mais peuvent atteindre trente bandes sur un matériel professionnel. L’affichage se présente sous la forme de colonnes représentatives de chacune des fréquences analysées. La hauteur de chaque colonne est à l’image du niveau sonore mesuré. Ce procédé implique de faire appel à autant de filtres passe-bandes que de colonnes affichées.

## PRINCIPE DU BARGRAPH 16 VOIES

L’organisation matérielle d’un analyseur complet est indiquée en **figure 1**. L’affichage est divisé en seize colonnes de soixante-quatre niveaux.

Deux circuits imprimés reçoivent chacun l’électronique de huit filtres et un multiplexeur de sortie. Le module d’affichage est doté d’un microcontrôleur SX28 qui assure principalement trois fonctions :

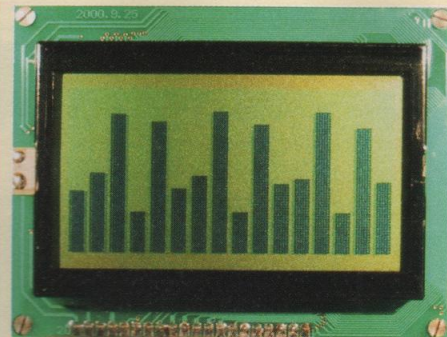
- La sélection séquentielle des sorties de chaque filtre (seize voies au total).
- L’acquisition numérique du niveau de sortie, à partir du convertisseur installé sur le module.

- L’affichage sur le module graphique de la colonne correspondante.

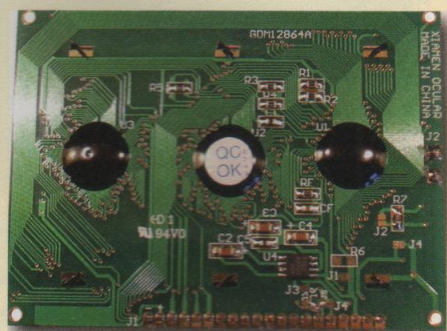
La limitation à huit voies des fréquences de l’analyseur a pour origine un multiplexeur CMOS de type 4051 dont la mise en œuvre est simple et économique. Le principal intérêt de la répartition des seize filtres sur deux circuits est de pouvoir empiler les trois modules afin d’obtenir un ensemble de mesure compact !. Néanmoins, deux modules de filtrage permettent de réaliser, au choix, un analyseur de 2 x 8 voies (**figure 1a**) ou de 16 voies (**figure 1b**). Il suffit d’adapter les valeurs des composants de chaque filtre pour obtenir l’une ou l’autre des configurations. Le pilotage des multiplexeurs analogiques utilise trois lignes de contrôle : MUX, CS1 et CS2. Les deux dernières, CS1 et CS2, permettent de sélectionner indépendamment les modules de filtrage, tandis que MUX est un signal séquentiel qui assure l’initialisation et l’incrémentement des compteurs de multiplexage. Enfin, la sortie des multiplexeurs est dirigée sur l’entrée analogique CAN du module d’affichage.

## SCHÉMA STRUCTUREL DU MODULE BARGRAPH

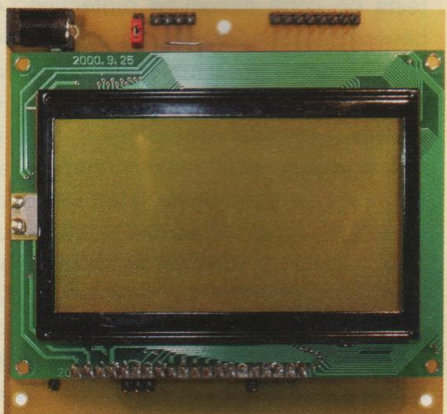
Le schéma du montage est indiqué en **figure 2**. Le pilotage de l’ensemble des fonctions du module Bargraph est confié



Bargraph côté affichage



Bargraph côté composants



Fixation du Bargraph  
au module de commande

à un SX28. Nous avons souhaité relier l’afficheur LCD à un seul port du microprocesseur, afin d’économiser ses ressources. Une solution simple fait appel à un registre à décalage 74HC164. Les données sont transmises au module LCD graphique à partir du port RB0 sous la forme d’une trame série, synchronisée par RB1. La rapidité du SX28, cadencé par un oscillateur externe de 50 MHz, permet de limiter la perte de temps induite par cette procédure. De cette façon, le

# AFFICHAGE EN 8 OU 16 COLONNES

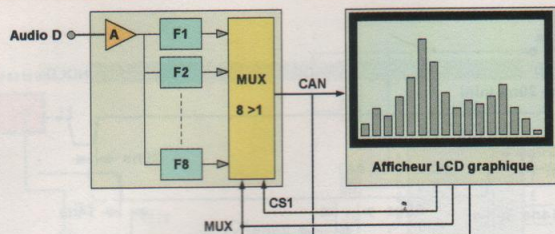


Figure 1 :  
Organisation matérielle  
de l'analyseur

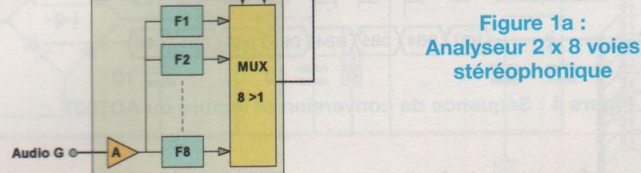


Figure 1a :  
Analyseur 2 x 8 voies  
stéréophonique

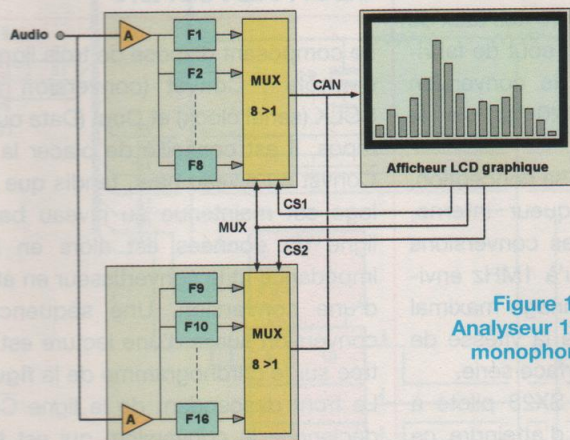


Figure 1b :  
Analyseur 16 voies  
monophonique

PIN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SIGNAL	V <sub>SS</sub>	V <sub>DD</sub>	V <sub>0</sub>	RS	R/W	E	DB0	DB1	DB2	DB3
PIN	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SIGNAL	DB4	DB5	DB6	DB7	CS1	CS2	RES	VEE	A	K

Tableau 1 : Brochage du module LCD graphique GDM12864A

Instruction	RS	R/W	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Fonction
Lecture donnée	1	1	Lecture de la donnée								Lecture de la DD-RAM (RAM d'affichage)
Ecriture donnée	1	0	Ecriture de la donnée								Ecriture de la DD-RAM (RAM d'affichage)
Lecture registre d'état	0	1	B	0	O/F	Raz	0	0	0	0	Lecture des bits d'état Busy, On/Off et Reset
Afficheur ON/OFF	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0/1	Allumage (1) ou extinction (0) du module
Adresse Y	0	0	0	1	Y [0..63]					Compteur d'adresse Y	
Adresse X	0	0	1	0	1	1	1	X [0..7]		Compteur d'adresse X	
Départ de la Ligne	0	0	1	1	Adresse de départ [0..63]					Indique la ligne de la DD-RAM qui doit être affichée en haut sur l'écran	

Tableau 2

port C reste totalement disponible pour une autre application. RV1 permet d'ajuster le contraste de l'afficheur. La conversion des niveaux de sortie des filtres en données binaires est assurée par le

convertisseur AD7827BN. Il est doté d'une liaison série afin d'obtenir une réalisation compacte. Enfin, un régulateur à découpage LM2574N assure l'alimentation du rétro-éclairage de l'afficheur LCD.

## FONCTIONNEMENT DU MODULE LCD GRAPHIQUE

Les afficheurs graphiques à cristaux liquides sont aujourd'hui d'un très bon rapport qualité/prix. Celui que nous avons utilisé est un module rétro-éclairé de 128 x 64 pixels référencé GDM12864A, disponible auprès de Sélectronic.

Son brochage est indiqué dans le **Tableau 1**. Sur le connecteur, deux broches sont réservées au rétro-éclairage (broches A et K). La communication est assurée à partir d'un port d'entrée/sortie de huit bits de données (D0.D7), associé à trois bits de contrôle (RS, E et R/W). A ce niveau, on retrouve les éléments d'un afficheur LCD alphanumérique standard :

- La ligne de contrôle RS permet de préciser au module si la donnée qu'on lui envoie est une commande (RS = 0) ou une information graphique (RS = 1).
- L'entrée E, active sur front descendant, permet de valider la donnée.
- La ligne R/W permet de choisir le sens de transfert des données.
- Les broches V<sub>SS</sub> et V<sub>DD</sub> sont destinées à l'alimentation du module
- V<sub>0</sub> est l'entrée de réglage du contraste de l'écran.

Le module possède en supplément trois entrées spécifiques : Reset, CS1 et CS2. La broche « Reset » assure l'initialisation du module et l'extinction de l'affichage. CS1 et CS2 permettent de sélectionner séparément deux contrôleurs internes, chaque contrôleur assurant séparément la gestion d'un module de 64 x 64 pixels. Enfin, VEE est une sortie d'alimentation négative de - 5 V générée en interne, qui permet de polariser le potentiomètre de réglage du contraste.

## PRÉSENTATION DU JEU D'INSTRUCTION

Le jeu d'instruction est particulièrement réduit, comme on peut le constater sur le **Tableau 2**. Lorsque la broche R/W est à 1,

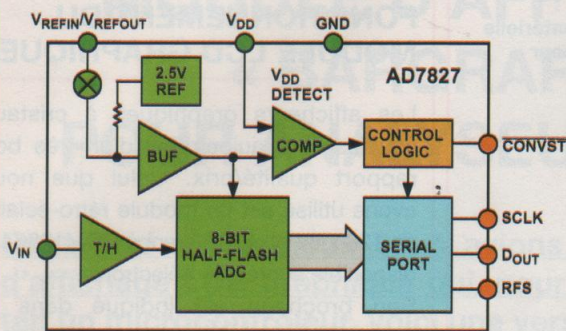


Figure 3 : Convertisseur analogique/numérique

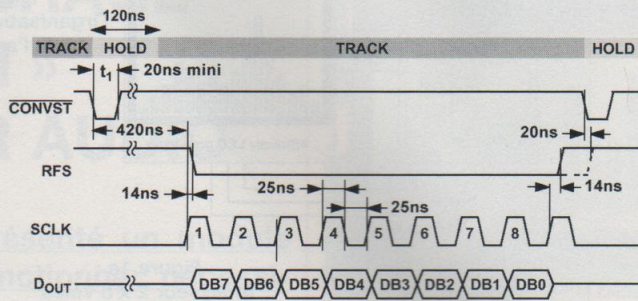


Figure 4 : Séquence de conversion et lecture du AD7827

il est possible d'accéder au contenu du registre d'état ou à un octet dans la DD-RAM. Si R/W est à 0, cinq fonctions sont accessibles en écriture :

- Allumage ou extinction de l'afficheur.
- Initialisation du compteur Y (déplacement horizontal sur la matrice).
- Initialisation du compteur X (déplacement vertical sur la matrice).
- Départ de la ligne (positionnement d'une ligne de la DD-RAM en haut de l'écran)
- Ecriture d'une donnée (envoi d'une colonne de huit pixels sur le module).

Une donnée de 8 bits envoyée à l'afficheur provoque l'allumage de 8 pixels sur une même colonne (affichage vertical). Cette particularité explique que le compteur vertical (nommé X par le constructeur !) est limité à huit valeurs [0..7] pour un module de 64 pixels. Le compteur horizontal (Y !) est limité à 64 puisque chaque contrôleur ne pilote qu'un seul bloc de 64 colonnes. Enfin, une instruction permet de définir la ligne de la DD-RAM qui doit être positionnée en haut de l'écran. Les autres lignes sont alors décalées en conséquence, ce qui permet d'accéder à une fonction de scrolling vertical.

## LE CONVERTISSEUR ANALOGIQUE/NUMÉRIQUE AD7827BN

Le convertisseur AD7827 est intéressant à plus d'un titre, comme vous le consta-

terez sur le schéma fonctionnel de la figure 3.

En effet, il utilise la technologie « semi-flash » qui permet d'atteindre des taux de conversion élevés pour un coût de fabrication réduit (le temps de conversion maximal est donné à 420 ns par le constructeur).

Il est également doté, par sa conception, d'un échantillonneur/bloqueur interne, qui permet d'effectuer des conversions sans pertes de bits jusqu'à 1 MHz environ. Le taux d'échantillonnage maximal possible dépend aussi de la vitesse de l'horloge utilisée sur l'interface série.

Précisons que même le SX28 piloté à 50 MHz ne permet pas d'atteindre ce taux.

On peut toutefois espérer dépasser un taux d'échantillonnage de 400 kHz en diminuant la temporisation d'attente de fin de conversion à 500 ns.

Le convertisseur comporte une tension de référence interne de 2,5 V qu'il est possible d'utiliser si sa relative précision convient à l'utilisateur ( $V_{ref}$  est garantie dans l'intervalle [2,45V - 2,55V]).

Sinon, une référence externe de 2,5 V est connectable sur la broche 5.

Cette broche a été connectée au potentiel d'alimentation dans un souci de compatibilité avec l'AD7823 qui pourrait remplacer l'AD7827.

Dans ces conditions, la plage de conversion du AD7827 plafonne autour de 4 V, avec une probable dégradation de la linéarité du facteur de conversion.

## PILOTAGE DU CONVERTISSEUR AD7827BN

Le composant dispose de trois lignes de contrôle :  $\overline{Convst}$  (conversion start), SCLK (serial clock) et DOUT (Data out). Au repos, il est conseillé de placer la ligne  $\overline{Convst}$  au niveau haut, tandis que l'horloge est maintenue au niveau bas. La ligne de données est alors en haute impédance et le convertisseur en attente d'une conversion. Une séquence de conversion suivie d'une lecture est illustrée sur le chronogramme de la figure 4. Le front descendant de la ligne  $\overline{Convst}$  déclenche la conversion, qui est terminée en moins de 420 ns (5  $\mu$ s pour l'AD7823). Précisons que la ligne de contrôle doit être ramenée au niveau haut en moins de 500 ns si l'on veut éviter que le convertisseur ne se mette en veille, auquel cas il lui faudrait ensuite au moins 1  $\mu$ s pour pouvoir reprendre du service (et jusqu'à 25  $\mu$ s si c'est la référence de tension interne qui est utilisée). Enfin, la lecture des données sur la sortie série est effectuée en envoyant huit impulsions sur la ligne d'horloge. Les huit bits de données sont délivrés dans l'ordre décroissant (DB7 à DB0) à chaque front montant de SCLK. Chaque palier d'horloge doit être maintenu un minimum de 25 ns, ce qui correspond à deux cycles machines du SX28 (soit 40 ns). Un 9<sup>e</sup> bit d'horloge transmis au convertisseur, permettrait à la ligne RFS de repas

# AFFICHAGE EN 8 OU 16 COLONNES

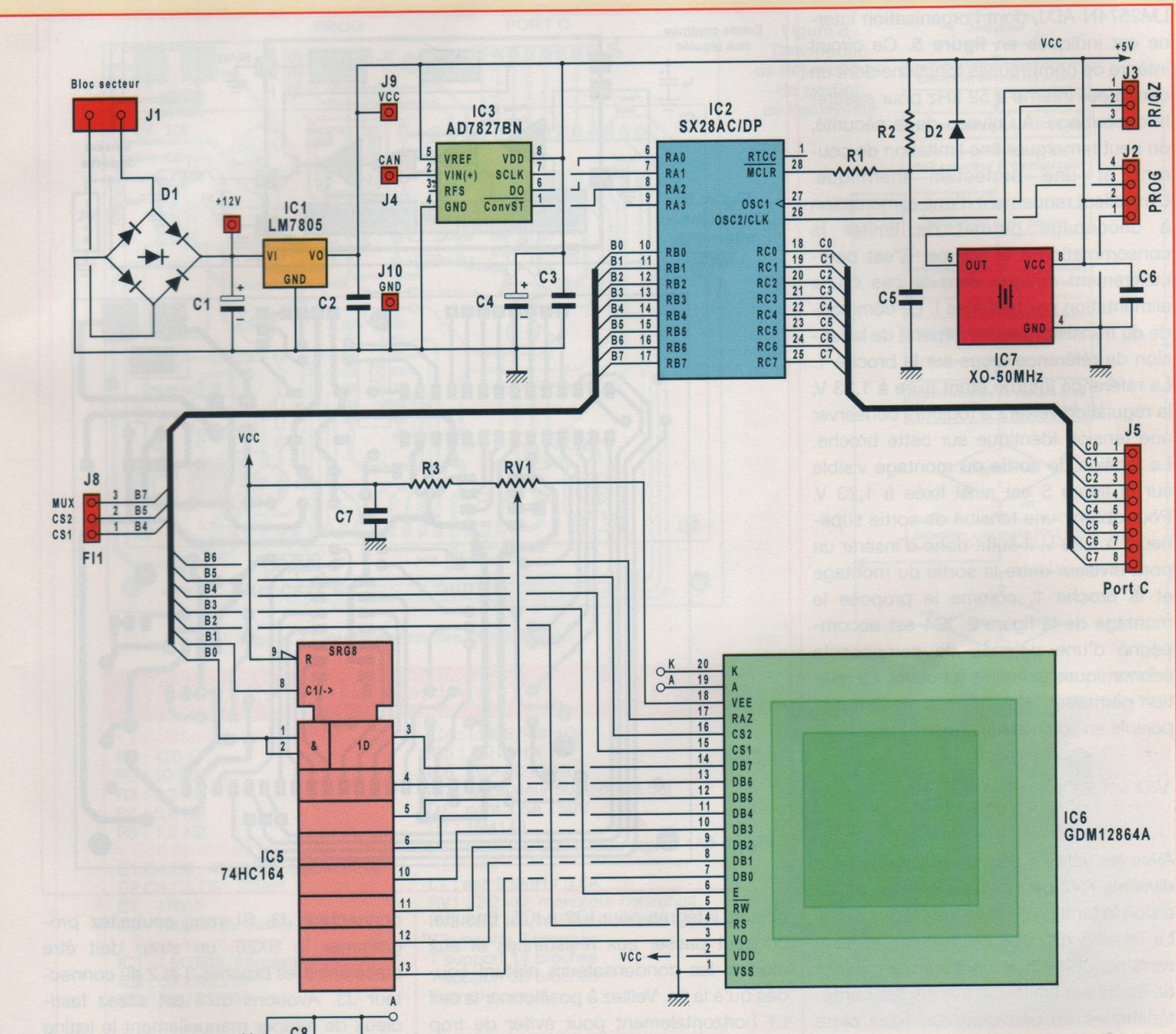


Figure 2

ser immédiatement au niveau haut. Dans le cas contraire, RFS repassera au niveau haut lors d'un nouveau cycle de conversion.

## DISPOSITIF D'ALIMENTATION À DÉCOUPAGE

Les panneaux d'éclairage utilisent principalement des réseaux de diodes électro-

luminescentes dont les caractéristiques varient sensiblement d'un modèle à l'autre. Dans le cas de notre module GDM12864A, l'éclairage est optimal si on lui applique une tension de 5,2 V. Le plus gros défaut de ces dispositifs est la consommation qui peut atteindre 500 mA.

Une solution élégante consiste à utiliser le convertisseur à découpage intégré

LM2574N-ADJ, dont l'organisation interne est indiquée en **figure 5**. Ce circuit intègre de nombreuses fonctions dont un oscillateur interne à 52 kHz pour assurer le découpage. Au niveau de la sécurité, on peut remarquer une limitation de courant et une protection thermique. L'excellent rendement d'une alimentation à découpage permet de limiter la consommation à la source. C'est particulièrement critique dans le cas d'une alimentation par batteries !. La commande du transistor ballast dépend de la tension de référence reçue sur la broche 1. La référence interne étant fixée à 1,23 V, la régulation veillera à toujours conserver une tension identique sur cette broche. La tension de sortie du montage visible sur la figure 5 est ainsi fixée à 1,23 V. Pour obtenir une tension de sortie supérieure à 1,23 V, il suffit donc d'insérer un pont diviseur entre la sortie du montage et la broche 1, comme le propose le montage de la figure 2. IC4 est accompagné d'une poignée de composants économiques et faciles à trouver. La relation permettant de définir la tension disponible en sortie est indiquée ci-dessous :

$$V_{out} = 1,23 \text{ V} \times \left( 1 + \frac{R4}{R5 + RV2} \right)$$

Avec les valeurs proposées pour le pont diviseur, RV2 permet de régler avec précision la tension de sortie entre 3 V et 7 V. La tension d'entrée peut atteindre 32 V sans risque pour le hacheur. Le courant de sortie est limité à 0,5 A par les caractéristiques du convertisseur, mais cette valeur est largement suffisante pour notre application.

## RÉALISATION PRATIQUE

Le circuit étant imprimé sur un support simple-face, le tracé des pistes est indiqué en **figure 6**. Sur le plan d'implantation des composants de la **figure 7**, notez la présence de dix-neuf straps qu'il est préférable de câbler en premier. Il est souhaitable d'utiliser des supports de

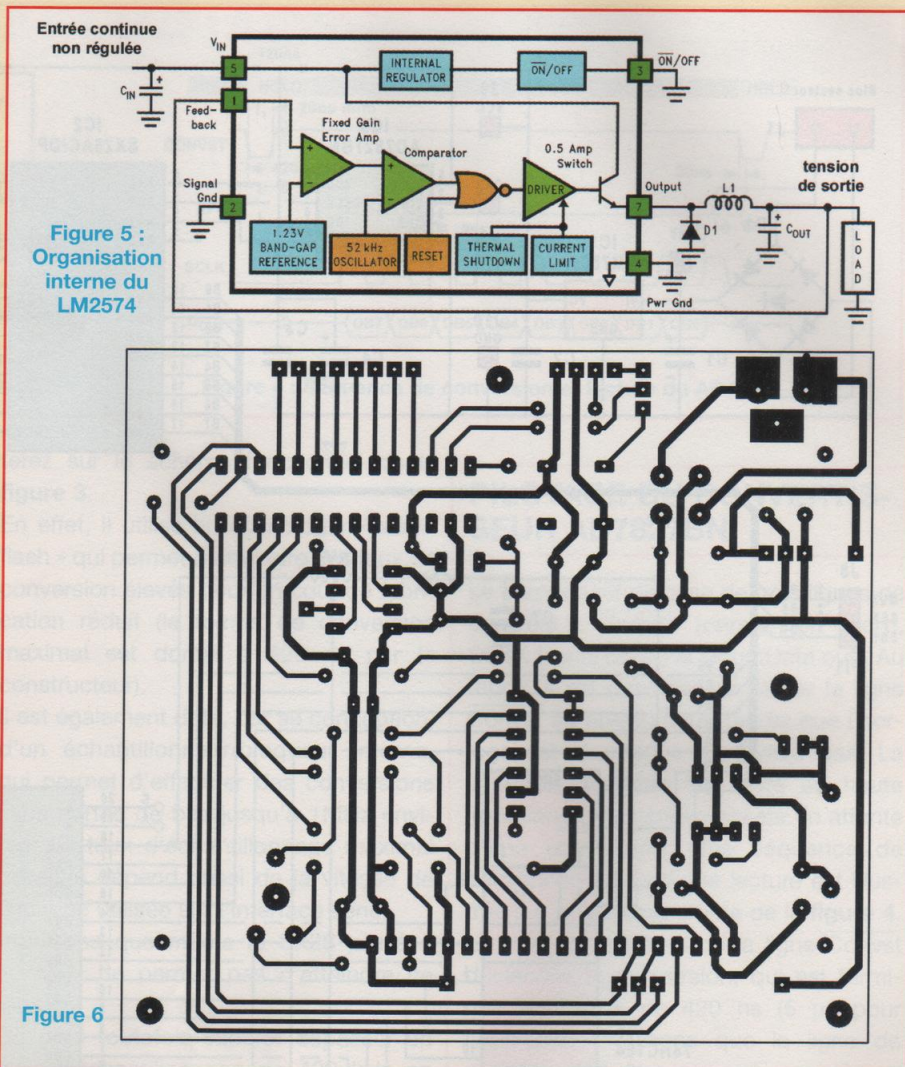
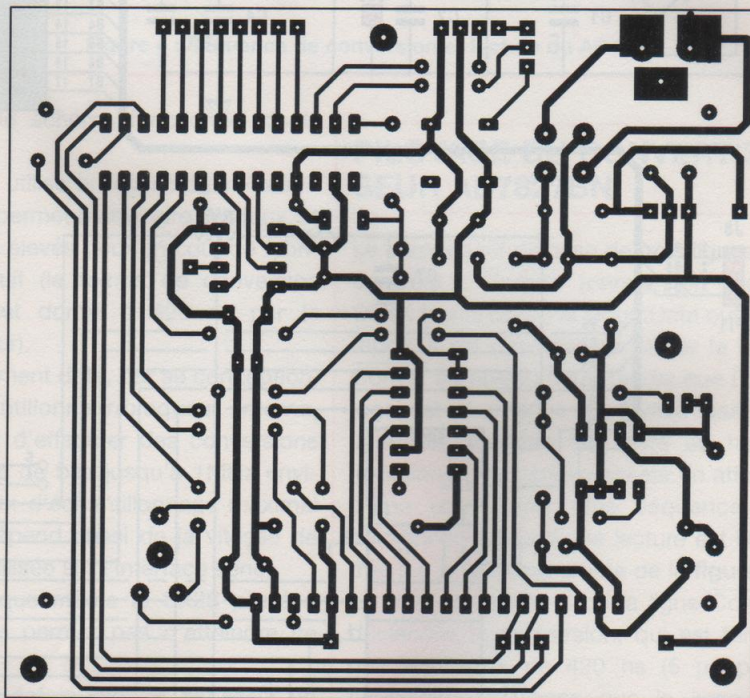


Figure 6



circuits intégrés pour IC2 à IC5. Ensuite, on peut passer aux résistances et aux diodes, les condensateurs n'étant soudés qu'à la fin. Veillez à positionner la self L1 horizontalement pour éviter de trop surélever l'afficheur. Pour les mêmes raisons, utilisez des condensateurs chimiques miniatures ou, mieux, des tantes-goutte. **Pensez à percer un trou de 5 mm sous le potentiomètre RV1** afin de pouvoir effectuer le réglage du contraste de l'afficheur.

## TESTS PRÉLIMINAIRES

En fonctionnement normal, un strap doit être placé entre les broches 1 et 2 du

connecteur J3. Si vous souhaitez programmer le SX28, un strap doit être placé entre les broches 3 et 2 du connecteur J3. Avouons qu'il est assez fastidieux de retaper manuellement le listing du SX28. Vous pouvez l'obtenir par e-mail ou recevoir directement un SX28 programmé en adressant un e-mail à l'auteur du présent article (bernard.dalstein@wanadoo.fr).

Pour tester rapidement le module, il suffit de l'alimenter à partir d'un bloc secteur standard de 12 V et de poser un doigt sur l'entrée CAN (J4). Les tensions résiduelles que nous véhiculons doivent suffire à provoquer des ondulations sur l'écran du Bargraph.



# AFFICHAGE EN 8 OU 16 COLONNES

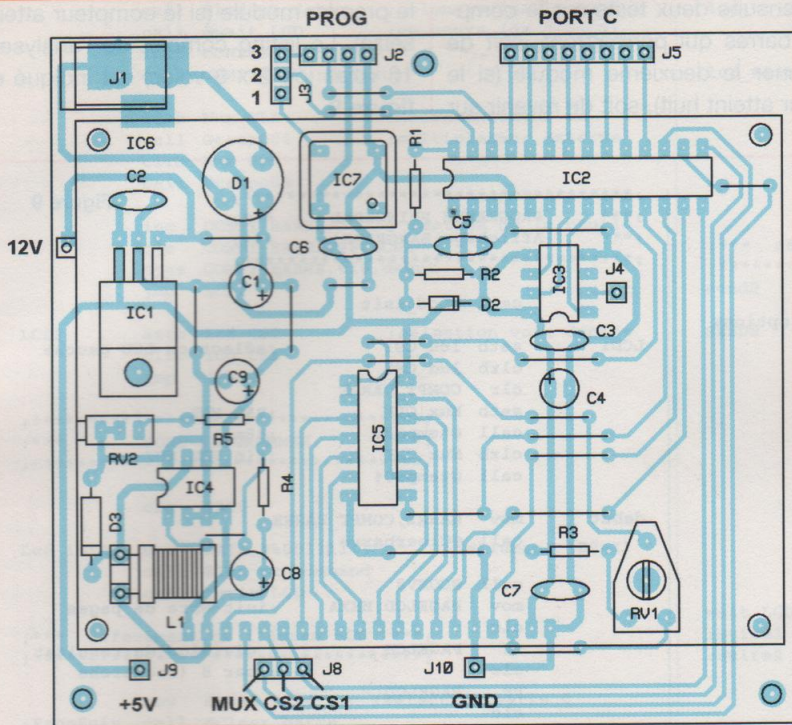


Figure 7 : implantation des composants

## NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

### • Résistances

R1 : 470 Ω  
R2 : 10 kΩ  
R3 : 8,2 kΩ  
R4 : 5,6 kΩ  
R5 : 1,2 kΩ

### • Condensateurs

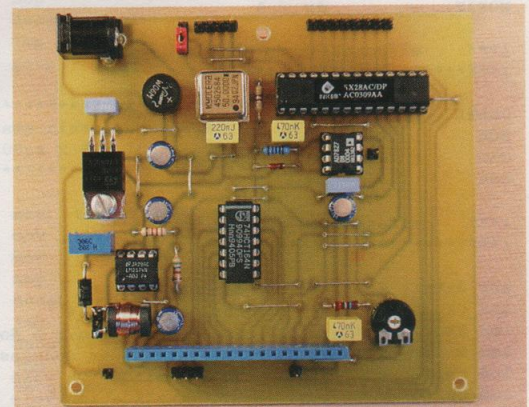
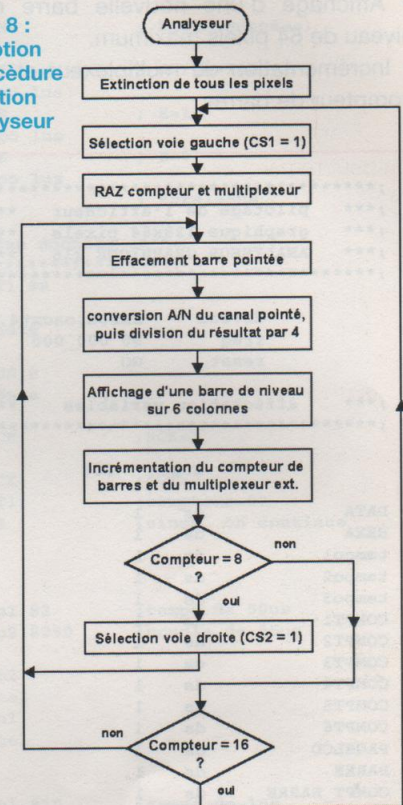
C1, C4, C9 : 47µF/16V (faible ESR)  
C2, C3, C5, C6 : 220nF  
C7 : 470nF  
C8 : 100µF/16V (faible ESR)

### • Semi-conducteurs

IC1 : LM7805 (régulateur 5V/1A)  
IC2 : SX28AC/DP  
IC3 : AD7827BN

IC4 : LM2574N-ADJ  
IC5 : 74HC164  
IC6 : GDM12864A  
IC7 : oscillateur 50MHz (DIL08)  
D1 : pont 1,5A / 60V  
D2 : 1N4148  
D3 : BYW100-200 (diode rapide 1A)  
• Divers  
L1 : self 330µH / 0,5A  
RV1 : 2,2 kΩ, moniteur horizontal  
RV2 : 2,2 kΩ, moniteur vertical  
2 supports 8 broches  
1 support 14 broches  
1 support 28 broches  
1 strap pour J3

Figure 8 : Description de la procédure de gestion de l'analyseur



## ASPECTS LOGICIELS

Le programme implanté dans le SX28 assure les fonctions décrites dans l'organigramme de la figure 8. Précisons que le cycle intégral de balayage des seize voies a été ajusté à 100 ms. Avec cette valeur, la réactualisation de l'affichage est effectuée dix fois par seconde, assurant une évolution suffisamment fluide

des colonnes de niveau. Le programme débute par une phase d'initialisation :

- Extinction de tous les pixels de l'afficheur
- Sélection du panneau LCD graphique de gauche et du module de filtrage de la voie gauche (CS1=1)
- Mise à zéro du multiplexeur analogique à partir d'une impulsion externe de 8 ms afin de sélectionner le premier filtre
- Initialisation de la variable logique

« compteur de barres »

Une « barre » représente une voie affichée sur l'écran LCD et sera constituée de la juxtaposition de six colonnes de pixels. On entre alors dans la boucle principale qui effectue seize fois la procédure suivante :

- Effacement sur l'afficheur de la barre pointée
- Conversion analogique/numérique de la voie sélectionnée

# BARGRAPH POUR ANALYSEUR AUDIO

- Affichage d'une nouvelle barre de niveau de 64 pixels maximum.
- Incrémentation du multiplexeur et du compteur de barres

Suivent ensuite deux tests sur le compteur de barres qui permettront, soit de sélectionner le deuxième module (si le compteur atteint huit), soit de revenir sur

le premier module (si le compteur atteint seize). Le listing complet de l'analyseur 16 voies (ou 2 x 8 voies) est indiqué en **figure 9**.

```

;*****;
;*** pilotage de l'afficheur ***;
;*** graphique 128x64 pixels ***;
;*** ANALYSEUR GRAPHIQUE x16 ***;
;*****;

        device    SX28L,oscxt4,turbo,stackx_optionx
        freq      50_000_000
        reset     GO

;*** affectation variables ***;
;*****;

        org      $08

DATA    ds      1
HEXA    ds      1
tempo1  ds      1
tempo2  ds      1
tempo3  ds      1
COMPT1  ds      1
COMPT2  ds      1
COMPT3  ds      1
COMPT4  ds      1
COMPT5  ds      1
COMPT6  ds      1
PAGELCD ds      1
BARRE   ds      1
COMPT_BARRE ds  1
COLONNE ds      1
MOTIF   ds      1

;*** affectation du port A ***;
;*****;

SDATA   =      ra
SCK     =      ra.1
CAN     =      ra.2
CNA     =      ra.3

;*** affectation du port B ***;
;*****;

shr_data = rb.0 ; donnée 74HCT164
shr_ck   = rb.1 ; horloge 74HCT164
lcd_rs   = rb.2 ; 0 = instruction,1 = donnée
lcd_e    = rb.3 ; validation des données LCD
lcd_cs1  = rb.4 ; CS1=1:validation voie gauche
lcd_cs2  = rb.5 ; CS2=1:validation voie droite
lcd_raz  = rb.6 ; initialisation LCD
mux_clk  = rb.7 ; pilotage multiplexeur

        org      $0

;*** INITIALISATION DES PORTS ***;
;*****;

GO      clrb    SCK          ;SCK=0
        mov     M,#$0D
        mov     !ra,#%000I   ;SDATA = TTL
        mov     M,#$0F
        mov     !ra,#%0001   ;SDATA input
        mov     !rb,#%00000000
        mov     rb,#%00110000 ;reset LCD
        call    @tempo_lus
        mov     rb,#%01110000 ;Stand-by!
        call    @wait_LCD
    
```

9a

```

;*****;
;*** PROGRAMME PRINCIPAL ***;
;*** Affichage BARGRAPH! ***;
;*****;

        call    @Lcd_init

LCD1    setb    lcd_CS1      ;sélection LCD gauche
        clrb    lcd_CS2
        clr     COMPT_BARRE
        setb    Mux_CLK     ;RAZ MUX
        call    @tempo8m    ;(8ms)
        clrb    Mux_CLK     ;fin RAZ MUX
        call    @tempo04

debut   mov     BARRE,COMPT_BARRE
        call    @Clearbarre

        call    @CONV8
        mov     PAGELCD,HEXA ;init Nbre de pages
        clc
        rr     PAGELCD      ; division du resultat
        clc                ; par 8 (recherche)
        rr     PAGELCD
        clc
        rr     PAGELCD
        cje    PAGELCD,#0,BarreN ;PAGELCD=0?,>=suite

AutrePage mov    COMPT4,#7
        mov     DATA,#%10111000 ;sélection de page:
        or     DATA,COMPT4      ;départ sur page 7,
        call    @lcd_wr_command ;donc en bas du LCD
        call    @wait_LCD

BarreN  mov     DATA,BARRE ;sélection Barre
        clc                ;a afficher
        rl     DATA
        clc
        rl     DATA
        clc
        rl     DATA
        or     DATA,#%0100000 ;sélection adresse
        call    @lcd_wr_command
        call    @wait_LCD
        cje    PAGELCD,#0,CodeFin

        mov     COMPT3,#1 ;initialiser compteur
:CodeSui mov     DATA,#%11111111 ;pour affichage de 6
        call    @lcd_wr_data ;colonnes sur la page
        call    @wait_LCD ;en cours (de 7 => 0)
        inc    COMPT3
        cjne   COMPT3,#7,:CodeSui

        dec    COMPT4 ;on passe à la page
        dec    PAGELCD ;suivante (déplacement)
        jmp    AutrePage ;LCD de bas vers haut.

CodeFin mov     PAGELCD,HEXA ;init dernière page
        and    PAGELCD,#$07 ;extraction du reste
        mov     M,#$04 ; M=4: pointer $400
        mov     W,PAGELCD ;lecture du motif à
        IREAD ;afficher dans table
        mov     MOTIF,W

        mov     COMPT3,#1 ;initialiser compteur
:CodeSui mov     DATA,MOTIF ;pour affichage de 6
    
```

Figure 9

9b

# AFFICHAGE EN 8 OU 16 COLONNES

```

call @lcd_wr_data ; colonnes sur la page
call @wait_LCD ; en cours (de 7 => 0)
inc COMPT3
cjne COMPT3,#7,:CodeSuiv

setb Mux_CLK ; incrémentation du
call @tempo04 ; multiplexeur externe
clrb Mux_CLK
call @tempo04

inc COMPT_BARRE ; gestion de la boucle
cje COMPT_BARRE,#8,LCD2
cjne COMPT_BARRE,#16,debut
jmp LCD1

LCD2 setb lcd_CS2 ; sélection voie droite
clrb lcd_CS1
jmp debut

;*****
;*** SOUS-PROGRAMMES ***
;*****

org $200

Lcd_init mov DATA,#%00111111 ; allumage (D0=1)
call @lcd_wr_command
call @wait_LCD

;*** Effacement de l'écran LCD ***
;*****

mov BARRE,#$00 ; sélection barre 0
:PageSuiv call @Clear_barre
inc BARRE
cjne BARRE,#8,:PageSuiv ; 8 barres (x2)
clrb BARRE
ret

;*** Effacement d'une BARRE LCD ***
;*****

Clearbarre clrb PAGELCD ; sélection page 0
PagePlus mov DATA,#%10111000 ; commande de page
or DATA,PAGELCD
call @lcd_wr_command
call @wait_LCD

mov DATA,BARRE
clc
rl DATA
clc
rl DATA
clc
rl DATA
or DATA,#%01000000 ; sélection adresse Y
call @lcd_wr_command
call @wait_LCD

Efficace clrb COMPT2
mov DATA,#0 ; affichage "0"
call @lcd_wr_data
call @wait_LCD
inc COMPT2
cjne COMPT2,#8,Efficace

inc PAGELCD
cjne PAGELCD,#8,PagePlus
ret

;*** envoi de DATA vers LCD ***
;*****

lcd_wr_command
clrb lcd_RS ; RS=0 (commandes)
jmp lcd_write ; goto WRITE code

```

9c

```

lcd_wr_data setb lcd_RS ; RS=1 (données)

lcd_write call @send8 ; durée=2µs
call @tempo_lus
setb lcd_E ; E=1
call @tempo_lus
clrb lcd_E ; E=0
call @tempo_lus
ret

;*** sérialisation des données ***
;*****
send8 mov COMPT1,#8
clc
SENDS setb shr_data
rr DATA
sb STATUS.0
clrb shr_data
nop
setb shr_CK ; SCK=1
nop
clrb shr_CK ; SCK=0
DECSZ COMPT1 ; compteur=0?
jmp SENDS ; sinon, on continue
ret

wait_LCD mov tempo1,#2 ; tempo de 50us
:suite1 mov tempo2,#250 ; boucle de 25us
:suite2 nop
decsz tempo2
jmp :suite2
decsz tempo1
jmp :suite1
ret

tempo_lus mov tempo1,#10 ; tempo de lus
:suite1 nop
decsz tempo1
jmp :suite1
ret

;*****
; temporisation de 8ms: ;
; 100ns x 8 x 100 x 100 ;
;*****

tempo8m mov tempo1,#8
:tempo3 mov tempo2,#100
:tempo2 mov tempo3,#100
:tempo1 nop
decsz tempo3
jmp :tempo1
decsz tempo2
jmp :tempo2
decsz tempo1
jmp :tempo3
ret

;*****
; temporisation de 0,4ms ;
; 100ns x 1 x 40 x 100 ;
;*****

tempo04 mov tempo1,#1
:tempo3 mov tempo2,#40
:tempo2 mov tempo3,#100
:tempo1 nop
decsz tempo3
jmp :tempo1
decsz tempo2
jmp :tempo2
decsz tempo1
jmp :tempo3
ret

```

9d

```

;*****;
; conversion 8 bits sur AD7823, ;
;*****;

CONV8      clr  CAN          ;init conversion
           nop
           nop              ;délai de réaction
           nop              ; des composants.
           nop              ; (tempo = 100ns)
           setb CAN

;          tempo de 5µs:      ;
;          attente de fin de conversion ;
;*****;

           mov  COMPT2,#63    ;63 x 80ns = 5µs
T5US      DECSZ COMPT2        ;20ns
           jmp  T5US          ;60ns

;          lire CAN AD7823 en 8x1 bits ;
;          + sauvegarde dans HEXA      ;
;*****;

           mov  COMPT2,#8
           clc
           clr  w
           clr  HEXA
CONVS     setb  SCK           ;SCK=1 pendant 100ns
           rl   HEXA         ;+ decaler resultat
           mov  w,SDATA      ;lecture CAN(SDATA)
           and  w,#1         ;masquer sdata (t-1)
           or   HEXA,w       ;transfert bit
           clrb SCK          ;SCK=0 pendant 100ns
           DECSZ COMPT2      ;compteur=0?
           jmp  CONVS        ;sinon, on continue
           clc
           rr   HEXA         ;division de HEXA par 4
           clc              ; pour obtenir une
           rr   HEXA         ;limitation à [0..63]
           retp

;***      Table de conversion      ***;
;*****;

           org  $400

           dw  $00,$80,$C0,$E0,$F0,$F8,$FC,$FE
    
```

9e

## A PROPOS DE L'AFFICHAGE DES BARRES DE NIVEAUX

Pour faire fonctionner l'analyseur spectral, nous utilisons une fraction-réduite du jeu d'instruction de l'afficheur graphique (Tableau 1) :

- Allumage ou extinction de l'afficheur
- Initialisation du compteur Y (déplacement horizontal sur la matrice)

- Initialisation du compteur X (déplacement vertical sur la matrice)
- Ecriture d'une donnée (envoi d'une colonne de huit pixels sur le module). Rappelons que lorsqu'on envoie une donnée de 8 bits sur l'afficheur, on obtient l'allumage de 8 pixels sur une même colonne (affichage vertical). Cette particularité explique que le compteur vertical (nommé X par le constructeur !) est limité à huit valeurs [0..7] pour un module de 64 pixels. Le compteur hori-

zontal (Y !) est limité à 64 puisque chaque contrôleur ne pilote qu'un seul bloc de 64 colonnes. D'un côté, le résultat de conversion est compris entre 0 et 255 (CAN 8 bits). Du côté LCD, l'affichage d'une colonne est effectué par paquets de 8 pixels, avec un maximum de 64 pixels. Le résultat de conversion est donc préalablement divisé par quatre dans le programme avant d'être exploité pour l'affichage. La procédure d'affichage est assez complexe, car le panneau LCD reçoit ses données par paquets de 8 pixels verticaux. Il faut donc d'abord calculer le nombre de fois que le résultat contient la valeur 8, afin d'afficher un nombre proportionnel de colonnes de 8 bits. Le reste de la division, compris entre 0 et 7, détermine la hauteur de la dernière colonne d'une barre de niveau. Prenons, par exemple, un résultat qui donne 172 :

- 172 divisé par 4 donne 43.
- 43 = 8 x 5 + 3

Dans ce cas, la colonne de niveau est d'abord réalisée à partir de cinq colonnes de 8 pixels (envoi du mot binaire %1111111), puis est complétée par un octet de 3 pixels (envoi du mot binaire %11100000). Le motif d'affichage de la dernière colonne est obtenu à partir d'une table de correspondance placée à l'adresse \$ 400. Chaque barre de niveau utilise six colonnes identiques.

## LES MODULES DE FILTRAGE DE 8 OU 16 VOIES

Si vous souhaitez réaliser un analyseur stéréophonique de 2 x 8 voies, vous pouvez utiliser les jeux de filtres que nous avons décrits dans la revue *Led* n°174. Le circuit imprimé du module Bargraph a été conçu pour être parfaitement compatible avec cette réalisation. Vous pouvez vous aider du schéma de la figure 1 pour réaliser le câblage des différents modules de filtrage. Pour les plus exigeants, un réseau de seize filtres mono-phoniques sera proposé lors de notre prochain rendez-vous.

**Bernard Dalstein**

Sorties protégées  
Rapport cyclique variable de 10 à 90%  
Offset indépendant de l'atténuateur  
Modulations AM, FM, FSK et PSK

distorsion < 0,5 %  
précision < 0,005 %  
interface RS 232 comprise

**NOUVEAU**

**GF265**



0,18 Hz à 5 MHz  
Affichage sur 4 ou 9 digits  
Fréq. ext. 0,8Hz à 100 Mhz

412,62 €

**NOUVEAU**

**GF266**



11 µHz à 12 MHz  
Affichage sur 4 ou 10 digits  
Fréq. ext. 0,8Hz à 100 Mhz

598,00 €

**Prix TTC**

**GF 763**



0,2 Hz - 2 MHz  
Vob. int. lin. et log.  
Sortie protégée 309,76 €

**GM 981N**



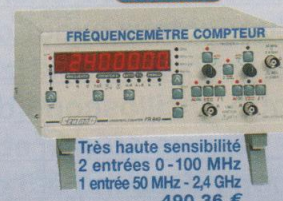
PAL-SECAM, NTSC (en vidéo)  
L / L', B / G, I, D / K / K'  
Affich. num. du canal et de la fréq.  
Sorties : Vidéo - Y/C - Péritel - HF  
Son Nicam 1 913,60 €

**GF 763 F**



0,2 Hz - 2 MHz  
Vob. int. lin. et log.  
Sortie protégée  
Fréq. auto. 20 MHz 369,56 €

**FR 649**



Très haute sensibilité  
2 entrées 0 - 100 MHz  
1 entrée 50 MHz - 2,4 GHz  
490,36 €

**DC 05**



100 pF à 11,111µF 233,22 €

**GF 763 A**



0,2 Hz - 2 MHz  
Vob. int. lin. et log.  
Sortie protégée  
Ampli. 10W 333,68 €

**GF 763 AF**



0,2 Hz-2 MHz  
Vob. int. lin. et log.  
Sortie protégée. Ampli. 10W  
Fréq. auto. 20 MHz 393,48 €

**DL 07**



1µH à 11,111 110 H 209,30 €

BOITES A DECADES R.L.C.

- DR 04** 1 Ω à 11,110 KΩ 106,44 €
- DR 05** 1 Ω à 111,110 KΩ 125,58 €
- DR 06** 1 Ω à 1,111 110 MΩ 142,32 €
- DR 07** 1 Ω à 11,111 110 MΩ 156,68 €

# elc

59, avenue des Romains - 74000 Annecy  
Tél. 33 (0)4 50 57 30 46 - Fax 33 (0)4 50 57 45 19

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

Je souhaite recevoir une documentation sur :

Nom \_\_\_\_\_  
Adresse \_\_\_\_\_  
Ville \_\_\_\_\_ Code postal \_\_\_\_\_

# AMPLIFICATEUR DE MESURE A FAIBLE BRUIT



L'appareil étudié ici est un amplificateur auxiliaire de mesure pour oscilloscope ou millivoltmètre AC. Il est principalement destiné aux mesures du bruit et des ronflements qui parasitent nos chères réalisations. Il amplifie les signaux d'un facteur exact de 10 ou 100 avec une bande passante au choix de 200 kHz, 20 kHz ou 320 Hz à -1dB. Il permet à votre oscilloscope de visualiser des signaux de 100  $\mu$ V sur la gamme 10 mV et même 50 voire 20  $\mu$ V si votre oscilloscope descend à 5 ou 2 mV.

Un soin particulier a été apporté à la diminution drastique du bruit. Le choix des amplificateurs opérationnels s'est porté sur le LF356, pour son facteur de bruit en entrée de 12 nV x  $\sqrt{\text{Hz}}$ .

Ainsi, en mode x 100, le bruit rapporté à l'entrée est inférieur à 10  $\mu$ Vac sur la gamme 200 kHz et inférieur à 2  $\mu$ Vac sur 320 Hz. Ceci permet la mesure d'une « ronflette » de 20  $\mu$ Vac (6 mVpp en sortie) avec un rapport signal/bruit de 20 dB.

La réalisation tient dans un boîtier entièrement métallique, blindage oblige, de 130 x 130 x 65 mm (photo ci-dessus).

Tous les composants utilisés dans cette réalisation sont disponibles auprès de nos revendeurs habituels.

## ÉTUDE DU SCHÉMA

### LE CIRCUIT AMPLIFICATEUR

Le montage met en œuvre trois amplificateurs opérationnels (figure 1).

Les deux premiers (IC1, IC2) de type

LF356 sont montés en cascade avec, pour chacun, un gain réduit à  $\sqrt{10}$  ou  $\sqrt{100}$  selon la position de l'inverseur S1. Le LF356 a un produit « gain x bande passante » unitaire pour une fréquence de 5 MHz. Avec un gain de 10, la bande passante tombe à 500 kHz. Les deux circuits mis en cascade, la bande passante tombe à 350 kHz.

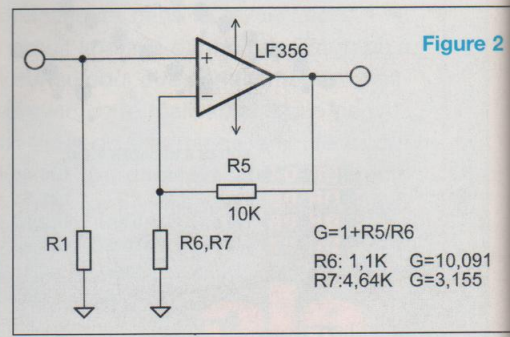
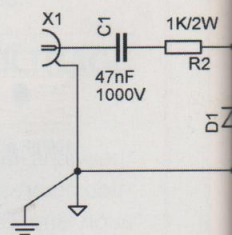
Si nous avons directement mis en œuvre un seul LF356 avec un gain de 100, la bande passante aurait d'emblée été réduite à 50 kHz.

Le circuit d'entrée est à couplage capacitif. Le condensateur d'entrée C1 : 47nF/1000V permet la mesure de signaux flottants jusqu'à 1000 Vdc.

Le circuit d'entrée IC1 est protégé de « l'impulsion de contact » par la résistance R2 (1k $\Omega$ /2W), et les deux diodes 1N4007 montées en opposition et raccordées au commun.

L'impédance d'entrée des LF356 étant infinie (>10<sup>12</sup>  $\Omega$ ), nous l'avons fixée à 1M $\Omega$  (R1) comme sur la plupart des

Figure 1 :  
Le montage met en œuvre trois amplificateurs opérationnels



# POUR MESURES DU BRUIT ET DES RONFLEMENTS

oscilloscopes et millivoltmètres AC.

Le gain de chaque ampli opérationnel est fixé par une contre-réaction négative issue du pont diviseur R5/R7 pour  $G = 3,155$  et R5/R6 pour  $G = 10,091$  (figure 2).

L'inverseur S1 de type ON-ON met en circuit ces résistances, ce qui nous donne un gain total de  $3,155^2$  soit 9,95 et  $10,091^2$  soit 101,8. L'erreur du facteur d'amplification ne dépasse pas 2 %, ce qui est largement suffisant pour ce type de mesures. Les résistances fixant le gain ont impérativement une précision de 1 % (série E96).

## CONFIGURATION DE L'AOP

Le signal amplifié est dirigé vers l'ampli-



ficateur de sortie au travers d'une cellule de filtrage.

Le sélecteur S2 permet le choix entre trois filtres: liaison directe, 20 kHz ou 320 Hz.

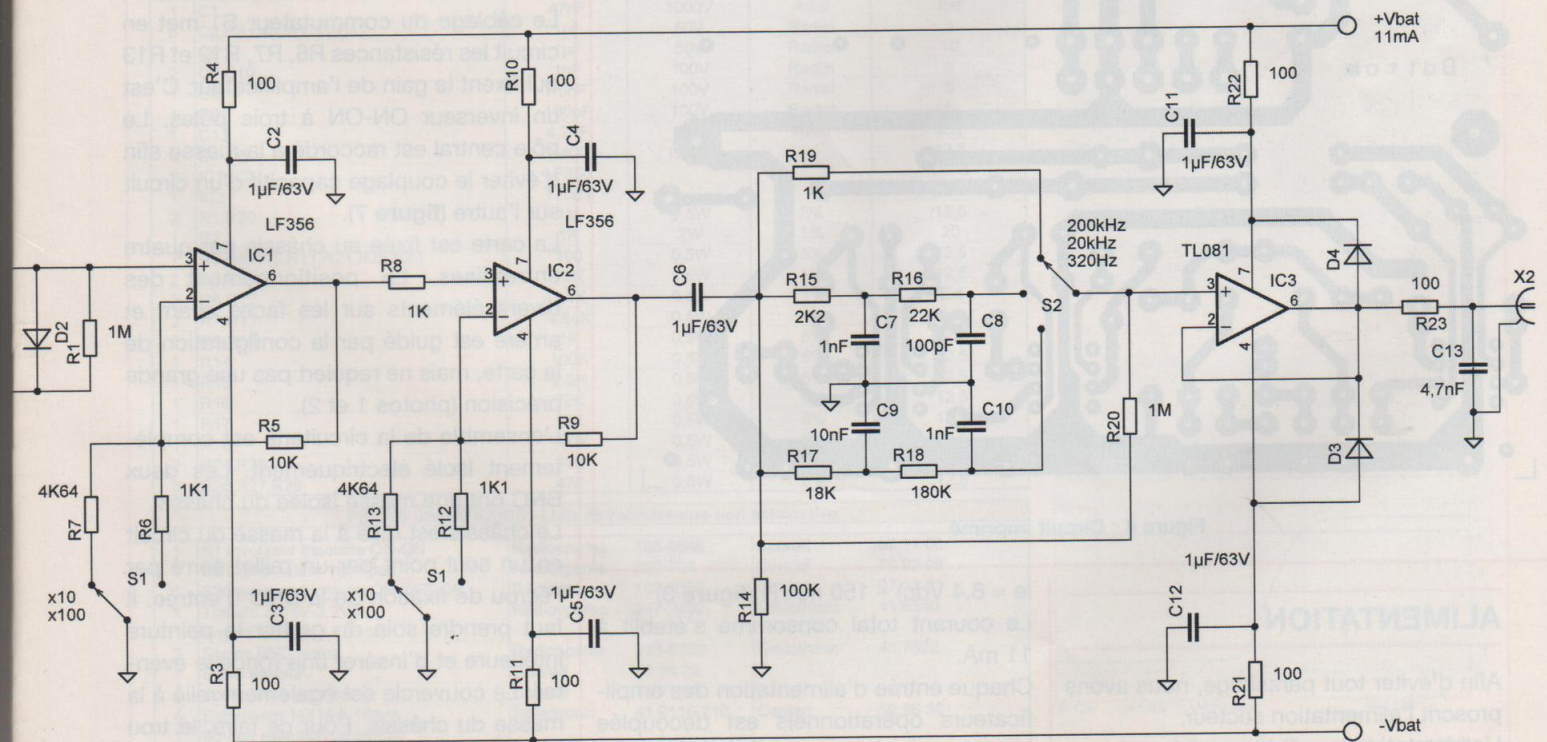
Les filtres de 20 kHz et 320 Hz sont du deuxième ordre.

L'atténuation est de 1 dB à la fréquence nominale F1, de 12 dB pour F2 et 40 dB pour F10.

L'amplificateur de sortie IC3 est câblé en gain unitaire. Le choix s'est porté sur le TL081 qui s'est révélé plus stable que le LF356 dans cette configuration. En effet, ce dernier montrait une oscillation parasite à 5 MHz de quelques millivolts que nous ne sommes pas parvenus à éliminer. Une dernière cellule de filtrage

placée directement sur la BNC de sortie atténue les bruits « hors bande utile » issus de IC3.

La fréquence de coupure de ce filtre est de 350 kHz à -3dB.



# AMPLIFICATEUR AUXILIAIRE DE MESURE

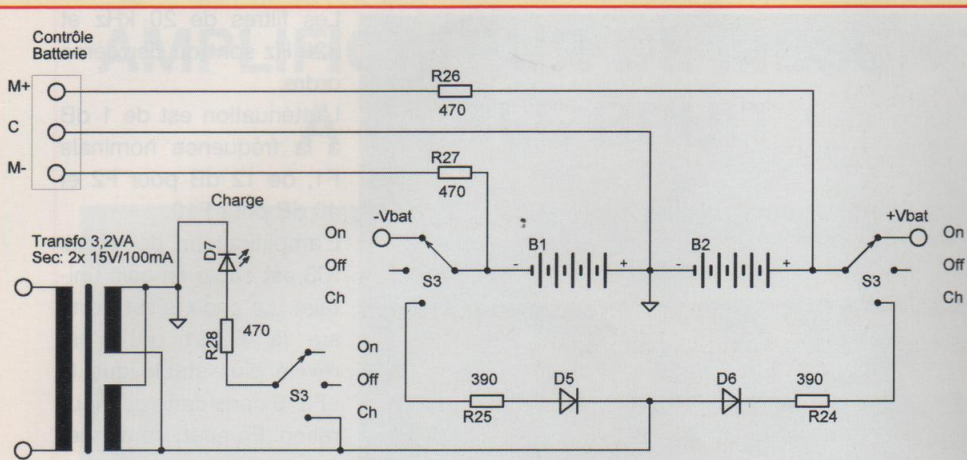


Figure 3 : Circuit d'alimentation

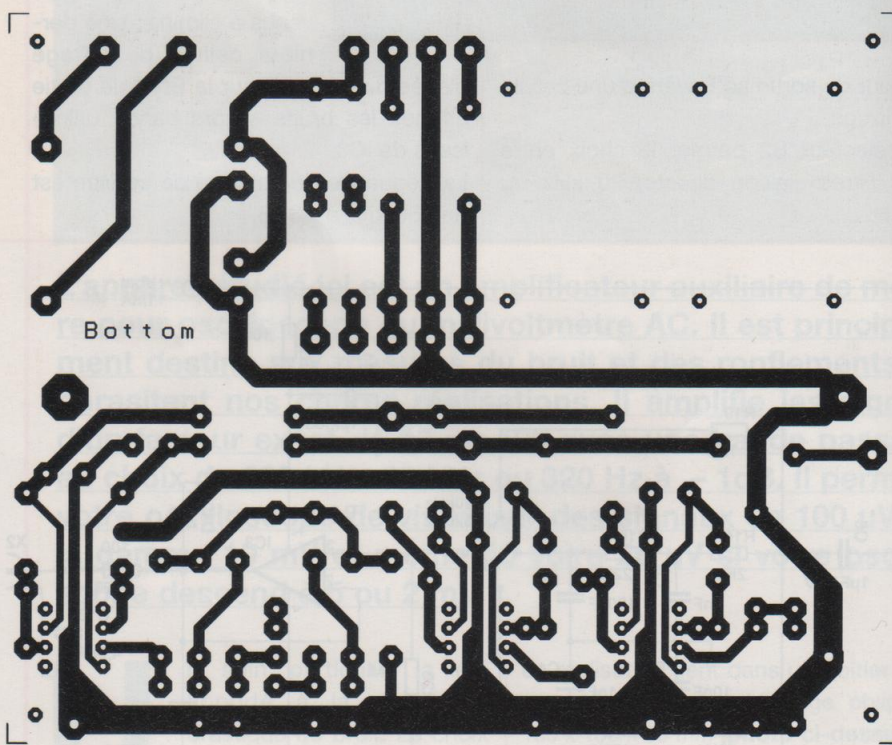


Figure 4 : Circuit imprimé

## ALIMENTATION

Afin d'éviter tout parasitage, nous avons proscrit l'alimentation secteur. L'alimentation symétrique est fournie par deux batteries de 9 Vdc (tension nomina-

le = 8,4 Vdc) – 150 mA/H (figure 3)

Le courant total consommé s'établit à 11 mA.

Chaque entrée d'alimentation des amplificateurs opérationnels est découplée par une cellule 100Ω/1μF. L'interrupteur S3 est de type ON-OFF-

ON. La position haute est prévue pour l'utilisation de l'appareil, la position basse pour la charge des batteries, au point milieu l'appareil est hors service. Le transformateur sert exclusivement à la charge des batteries.

La charge complète dure douze heures, le courant de charge s'élève à 15 mA.

La tension des batteries peut être contrôlée par un bornier de votre choix situé à l'arrière du boîtier.

## MONTAGE FINAL

Circuit imprimé et plan de câblage sont proposés aux figures 4 et 5.

L'assemblage de la carte ne pose pas de problèmes particuliers. La photo 2 est assez didactique.

Le câblage du commutateur S3 (mise sous tension/charge batterie) met en circuit huit fils. Référez-vous au petit schéma de câblage (figure 6). A noter que, vue de l'arrière de l'interrupteur, la position haute de fonctionnement de l'appareil met en circuit les contacts du bas.

Le câblage du commutateur S1 met en circuit les résistances R6, R7, R12 et R13 qui fixent le gain de l'amplificateur. C'est un inverseur ON-ON à trois pôles. Le pôle central est raccordé à la masse afin d'éviter le couplage capacitif d'un circuit sur l'autre (figure 7).

La carte est fixée au châssis par quatre entretoises. Le positionnement des divers éléments sur les faces avant et arrière est guidé par la configuration de la carte, mais ne requiert pas une grande précision (photos 1 et 2).

L'ensemble de la circuiterie est complètement isolé électriquement. Les deux BNC ont une masse isolée du châssis.

Le châssis est relié à la masse du circuit en un seul point par un œillet serré par l'écrou de fixation de la BNC d'entrée. Il faut prendre soin de gratter la peinture intérieure et d'insérer une rondelle éventail. Le couvercle est également relié à la masse du châssis. Pour ce faire, le trou de fixation de la vis de maintien du capot, situé sur le côté gauche, est



# POUR MESURES DU BRUIT ET DES RONFLEMENTS

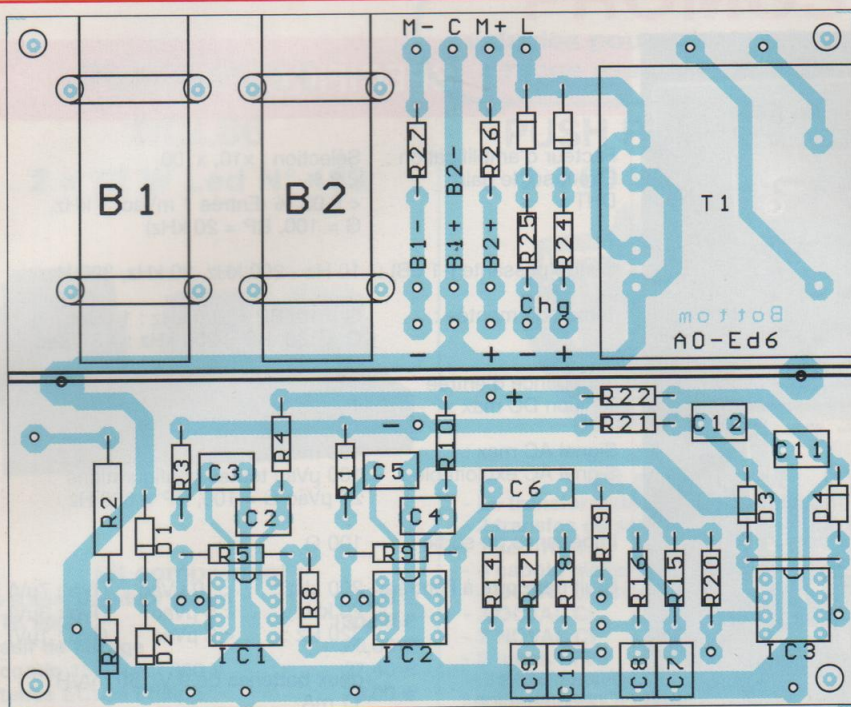


Figure 5 : Placement des composants

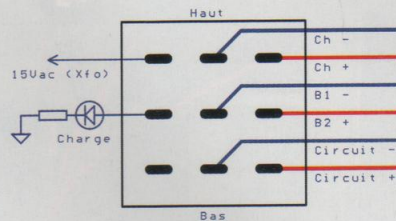


Figure 6 : Vue arrière de S3

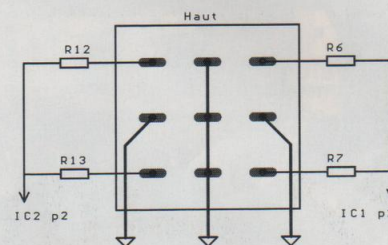


Figure 7 : Vue arrière de S1

## CARTE DE BASE

Qty				Type	Pas
2	B1,B2	9V	150mAH		
1	C1	47nF	1000V	Axial	Ext
6	C2,C3,C4,C5,C11,C12	1µF	50V	Radial	5
1	C6	1µF	50V	Radial	10
2	C7,C10	1nF	100V	Radial	5
1	C9	10nF	100V	Radial	5
1	C8	100pF	100V	Radial	5
1	C13	4,7nF	100V	Axial	Ext
6	D1-D6	1N4007	1000V		12,5
2	IC1,IC2	LF356			DIP8
1	IC3	TL081			DIP8
2	R1,R20	1M	0,5W	5%	12,5
1	R2	1K	2W	5%	20
7	R3,R4,R10,R11,R21,R22,R23	100	0,5W	5%	12,5
2	R5,R9	10K	0,5W	1%	12,5
2	R6,R12	1,1K	0,5W	1%	Ext
2	R7,R13	4,64K	0,5W	1%	Ext
2	R8,R19	1K	0,5W	5%	12,5
1	R14	100K	0,5W	5%	12,5
1	R15	2,2K	0,5W	5%	12,5
1	R16	22K	0,5W	5%	12,5
1	R17	18K	0,5W	5%	12,5
1	R18	180K	0,5W	5%	12,5
2	R24,R25	390	0,5W	5%	12,5
3	R26,R27,R28	470	0,5W	5%	12,5

## PIECES SPECIFIQUES - Liste de fournisseurs non exhaustive

1	S1 Inverseur tripolaire ON-ON	Radiospares	103-5546	Conrad	07 11 00
1	S2 Combinateur 1cir/3pos	Radiospares	320-708	Conrad	70 92 98
1	S3 Inverseur tripolaire ON-OFF-ON	Radiospares	103-5552	Conrad	07 11 01
1	Transfo 2x15V-3,2VA	Radiospares	347-2492	Selectronic	41.6540
1	Voyant Charge: LED+clip				
2	Socles BNC isolés	Radiospares	193-8350	Selectronic	41.7522
1	Socle secteur	Conrad	73 56 20		
1	Socle Din 3 (Moniteur)	Conrad	73 81 31		
4	Entretoises M3 M-F 10mm	Selectronic	41.9115-210	Conrad	52 66 30
1	Bouton sélection de bande				
2	Raccord batterie (PP3 battery clip)	Radiospares	489-021		
1	Boîtier 130x130x60mm	ESM: type AT1302		Selectronic	41.6521

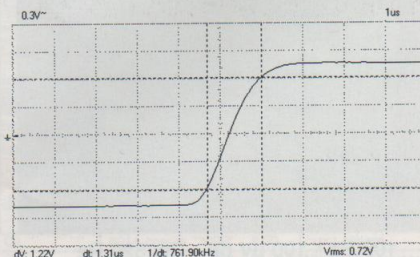
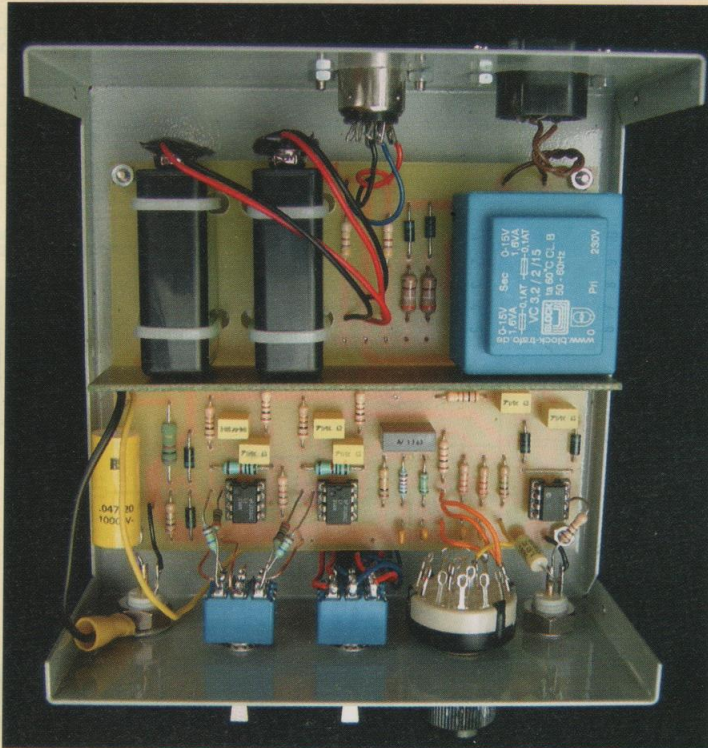


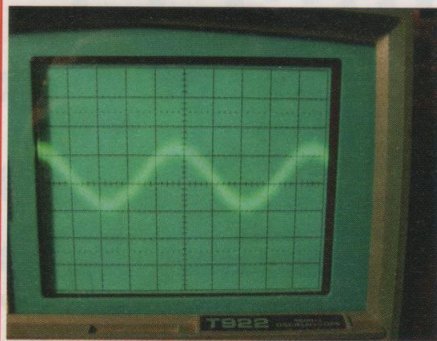
Figure 8 : Temps de montée, Gain 100x - Bw 200 kHz

# AMPLIFICATEUR AUXILIAIRE DE MESURE

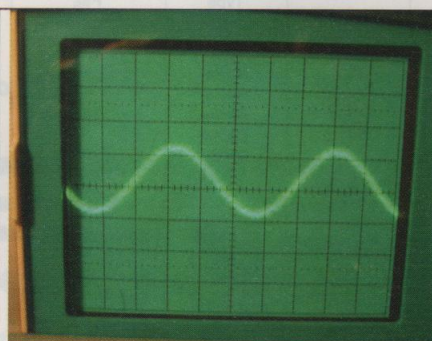


## SPÉCIFICATIONS

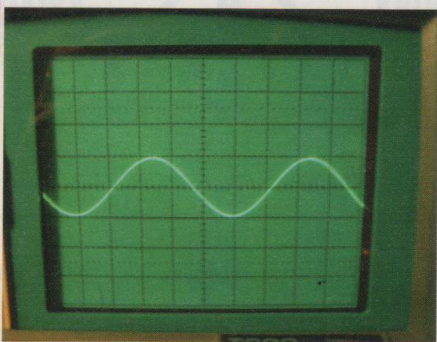
Facteur d'amplification :	Sélection : x10, x100
Erreur sur le gain :	< 2 %
DHT :	< 0,03 % (Entrée 1 mVac, 1 kHz, G = 100, BP = 20 kHz)
Bande passante (-1 dB) :	10 Hz - 200 kHz, 20 kHz, 320 Hz
Temps de montée :	G = 10, BP = 200 kHz : 1 $\mu$ Sec G = 100, BP = 200 kHz : 1,3 $\mu$ Sec
Impédance d'entrée :	1 M $\Omega$
Tension DC max :	1000 Vdc
Signal AC max :	100 mVpp
Signal AC exploitable :	100 $\mu$ Vac toutes configurations 20 $\mu$ Vac G = 100, BP = 320 Hz
Impédance de sortie :	100 $\Omega$
Bruit (rapporté à l'entrée) :	200 kHz : < 10 $\mu$ Vac (Typ : 7 $\mu$ V) 20 kHz : < 5 $\mu$ Vac (Typ : 3 $\mu$ V) 320 Hz : < 2 $\mu$ Vac (Typ : 1 $\mu$ V)
Alimentation :	deux batteries de 9 V/150 mA/H
Consommation :	11 mA
Temps d'utilisation :	15 heures
Temps de charge :	12 heures



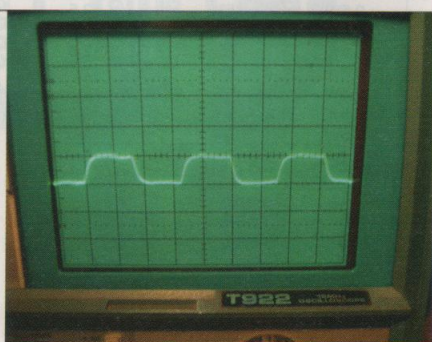
1 kHz - 100  $\mu$ V pp - Bw 200 kHz



1 kHz - 100  $\mu$ V pp - Bw 20 kHz



100 Hz - 100  $\mu$ V pp - Bw 320 Hz



150 Hz Carré - 20  $\mu$ V pp - Bw 320 Hz

Vue 4 : Quelques oscillogrammes

dégagé de la peinture à l'aide d'un foret de  $\varnothing$  10 mm. Une vis auto-taraudeuse conique remplace la vis fournie.

Toute autre méthode de raccordement du châssis à la masse du circuit est valable, mais cette opération est indispensable pour obtenir les spécifications. S'assurer ensuite à l'ohmmètre que la résistance de contact entre la BNC, le châssis et le capot est bien nulle.

## MISE SOUS TENSION

Une fois câblé et les batteries préalablement chargées, le montage est directement opérationnel.

En utilisation, il est recommandé d'enlever le cordon secteur sous peine de voir les signaux très faibles parasités.

A l'usage, ce petit appareil se révèle très utile et trouve naturellement sa place entre le millivoltmètre AC et l'oscilloscope. En cas de difficultés, n'hésitez pas à me contacter par courriel : [jl.vandersleyen@skynet.be](mailto:jl.vandersleyen@skynet.be)

Jean-Louis Vandersleyen

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

## PROMOS

valables pour toute commande  
reçue avant le 31/07/2004

### PUSH PULL

#### ECL86

2 x 12 W Led N° 183



#### kit comprenant :

- Le transformateur d'alim 70,00 €
- 2 TS 9000 Ω 130,00 €
- 1 self de filtrage 26,00 €
- 1 condo 1500 μF / 350 V 27,40 €
- 4 tubes ECL86 Philips 70,00 €
- 4 supports NOVAL CI 18,40 €

Frais de port 25,91 €  
Total : 367,71 €  
Remise sur kit 47,71 €  
**Total TTC 320 €**

### PUSH PULL de 6550

2 x 60 W Led N° 169



#### kit comprenant :

- Le transformateur d'alimentation 103,70 €
- 2 transfos de sortie 3 800 Ω 207,30 €
- 1 self 10 H 53,40 €
- 4 capots nickelés 73,20 €
- 4 OCTAL châssis 18,40 €
- 2 OCTAL CI 9,20 €
- 2 NOVAL CI 6,70 €
- 2 tubes EF86 45,80 €
- 2 tubes 6SN7GT 43,60 €
- 4 tubes 6550 (Electro-Harmonix) 186,80 €
- 1 condensateur 470 μF/500 V 30,00 €

Frais de port 25,90 €  
Total : 804,00 €  
Remise sur kit - 74,00 €  
**Total TTC 730 €**

### LE QUATUOR

#### 6V6

2 x 15 W Led N° 170



#### kit comprenant :

- Le transformateur d'alimentation 85,40 €
- Les deux transfos de sortie 160,00 €
- La self de 3H 44,20 €
- Les 8 tubes 6V6 EH Appairés 2/2 120,00 €
- Les 3 capots nickelés 54,90 €
- Les tubes ECC83 24,40 €
- Les supports OCTAL pour C.I. 36,80 €
- Les supports NOVAL pour C.I. 6,70 €

Frais de port 25,91 €  
Total : 558,31 €  
Remise sur kit - 32,31 €  
**Total TTC 526 €**



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	4/8/16	40 W	97,60
138	5000	4/8	5 W	50,30
140-170-175	1250	8	Single 20 W	80,00
143-167	2000	4/8	100 W	103,60
146	625	4/8	Single 40 W	103,60
146-150	6600	4/8	50 W	103,60
183	9000	4/8		83,80
152	2,3/2,8/3,5 k	4/8/16	30 w circuit C en cuve	213,40
155	8000	4/8/16	20 W	94,50
157/160/169	3800	4/8/16	80 w	103,60
159-171-173	3500	4/8	15 W Circuit C en Cuve	141,80
161-162	Circuit C. Modèle en Cuve pour Single tube 845 (impéd. 4/8  )			248,20
167	2000	4/8		103,60
172-173	Circuit C. Modèle en Cuve pour Push-Pull 845 (impéd. 4/8  )			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			
E88CC Siem 42,60	5725 CSF 6,50	6C33C B Sovtek 52,00				
ECC81 13,70	6SN7GT 21,80	EL84 tronal 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 x300 V - 2 x 6,3 V	77,80
152	Prim. 230 V - Ecran - Sec. 2 x 300 V - 2 x 6,3 V	97,60
154-159-160	Prim. 230 V - Ecran - Sec. 2 x 360 V-5 V-6,3 V	88,40
155	Prim. 230 V - Ecran - Sec. 2 x 230 V ou 2 x 330 V + 12 V	79,30
157-160	Prim. 230 V - Ecran - 380 V + 6,3 V + 4 x 3,15 V	90,00
161-162-163-172-173	Prim. 220 V / 230 V - Ecran - 2 x 330 V - 6,3 V en cuve Prim. 230 V - Sec : 2 x 12 V - Ecran : 53,36 € avec capot et 85,00 € en cuve	174,45
163	Prim. 230 V - Sec. 2 x 240 V + 12 V - Ecran (Filtre Actif)	53,40
166/170	Prim. 230 V - Ecran - Sec. 2 x 230 V + 6,3 V + 6,3 V - 4,5 A	85,40
KIT LED 168 ou 169 comprenant 2 Transfos d'alim, 3 Supports, 3Tubes ( port compris)		95,00
167/169	Prim. 230 V - Ecran - Sec. 400 V + 6,3 V + 4 x 3,15 V + 75 V	103,70
171	Prim. 230 V - Ecran - 2 x 360 V - 6,3 V / 2 A + 6,3 V / 5 A	88,40
KIT LED 176 - PRE- AMPLI TRANSFO DOUBLE "C" + 1 SELF en "C" (port compris)		104,00
Avec en plus 2 selfs 45 mH et 2 selfs 1,7 H		153,00

#### SUPPORTS DE TUBES

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

#### CONDENSATEURS

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

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

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

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



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

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



## COMPRESSION HAUT DE GAMME



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

### Compressions drivers

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

bobine 4 pouces.



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

### 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

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



### HAUT PARLEUR RADIAN.

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



### Pavillon bois massif



2208B



950PB



2216

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



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

RÉPARATION ENCEINTES  
HIFI ET PROFESSIONNELLES  
RECONDITIONNEMENT ET RÉFECTION

OPTIMISATION DES SYSTEMES ACOUSTIQUES  
SONORISATION  
INSTRUMENTATION - HIFI



Coaxiaux

SYSTEME d'amplification et de filtrage numérique DYNACORD

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

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

**Horaires :** Lundi 14h00-18h00

Mardi au Vendredi : 10h00 - 18h30

Samedi : 10h00 - 18h00