

# Leed

COURS N°1 : ET SI ON PARLAIT : «TUBES»

COMMENT ÇA FONCTIONNE ?

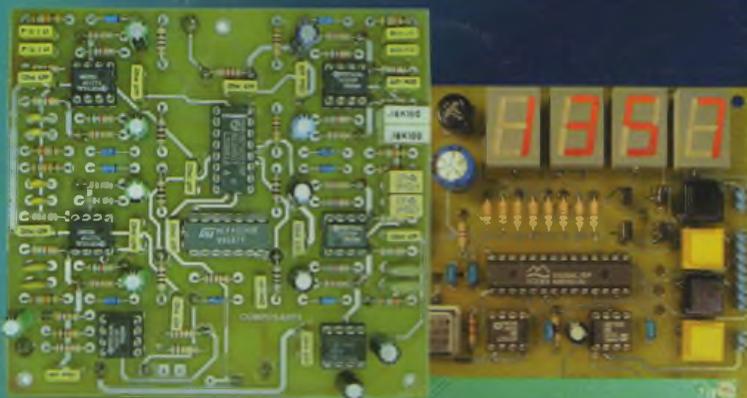
ANALYSEUR DE SPECTRE ET SX 28

AMPLIFICATEUR SINGLE END À TRANSISTOR

MOS-FET 2SK1058 : 2 x 40 Weff / 8 Ω

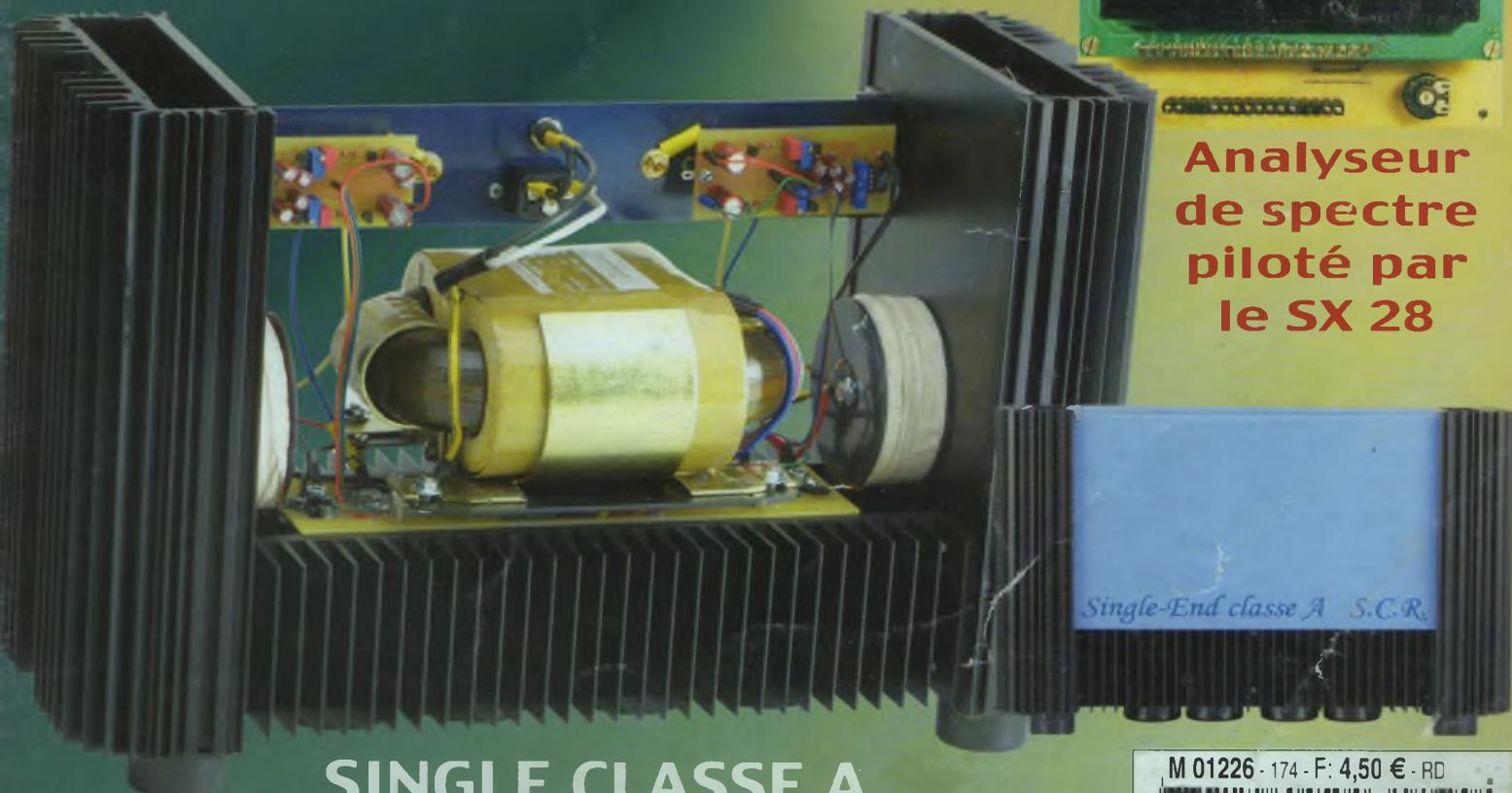
2 ALIMENTATIONS HAUTE TENSION

COURS N°1



ET SI ON PARLAIT : «TUBES»

**Analyseur  
de spectre  
piloté par  
le SX 28**



**SINGLE CLASSE A**

M 01226 - 174 - F: 4,50 € - RD



# Vu dans le **NOUVEAU** Catalogue **Selectronic**

## Lecteur-enregistreur de CARTE à PUCE **NOUVEAU**

**acs**



A partir de **39€50 TTC**

### Lecture et écriture dans :

- Toutes les cartes à puce à microcontrôleur en protocole T=0 et T=1.
- Toutes les cartes à puce à mémoire 12C.
- La majorité des cartes à mémoire protégée du marché.
- Conformes aux normes ISO 7816-1, 2, 3 et 4.
- Existe avec interface SÉRIE ou interface USB

## Modules de liaison RS-232 SANS FIL **NOUVEAU**

A partir de **169€00 TTC**



- Codage piloté par Basic Stamp 2.
- Modules radio en 433MHz de faible encombrement avec antenne miniature intégrée.
- Portée 45 mètres environ.
- Transmission série codée de type RS232 suivant 9600/N/8/1

## Sonomètre Selectronic SL-8850

**Selectronic**

- 2000 pts (3,5 digits)
- Résolution : 0,1 dB
- Calibrateur intégré.

**115.6148**  
**99,50 € TTC**

**NOUVEAU**



## Selfs AUDIO de précision JANTZEN



Toute une gamme de 0,01 à 24 mH.

## Condensateurs



**Black Gate**  
Condensateurs chimiques spéciaux pour l'AUDIO et la VIDÉO

## X-GUARD Vidéo-surveillance à distance

Permet l'enregistrement numérique sur PC



Mise à jour Logiciel en anglais

Carte d'acquisition vidéo pour PC (bus PCI) avec logiciel de transmission par modem ou intranet/internet.

- Permet la surveillance vidéo à distance et l'enregistrement numérique sur PC.
- Système de surveillance basé sur la détection de modification d'image.
- Enregistrement automatique dès détection de mouvement.

**115.0201 295,00 € TTC**

## Système d'alarme SANS FIL DA-884P **NOUVEAU**

**Selectronic**

A partir de **575€00 TTC**



### Les points forts :

- Nouvelle génération 868 MHz
- Encore plus performante.
- Avec transmetteur téléphonique intégré.
- Faible encombrement. • Bref : le système IDÉAL.

## Modules d'interface RS232 **EXPERT**



Interfaces Industrielles **RS485** (encliquetables sur rail DIN)

- Ces modules sont compatibles **ADVANTECH(R)** :
- 256 modules peuvent être installés sur le Bus **RS485** sans répéteur.
  - Chaque module **RS485** nécessite une alim. externe de 24 VDC.
  - Dimensions : 70 x 120 x 30 mm.
  - E/S sur bornier à vis

### Modules disponibles :

- > Convertisseur de format RS232C vers RS485
- > Module 8 sorties et 4 entrées, Module 13 sorties, Module 14 entrées, Module thermocouple et mV - mA, Module thermocouple 8 canaux différentiels, Module de gestion à contrôler embarqué supportant 4 RS232/RS485

## Détecteurs de métaux

**C.SCOPE**

### Modèle CS-150

Simple mais efficace.

- Contrôle sonore (sortie casque) et visuel (VU-mètre).
- Tête de détection étanche et manche réglable.

**115.9338**  
**98,00 € TTC**



### Modèle CS-220

Considéré comme le détecteur "Professionnel" le meilleur marché.

- Double bouton d'accord pour une sensibilité maximum.
- Tête de détection conçue par C-SCOPE.
- Très léger et facile d'emploi

**115.1242 160,00 € TTC**

## Micro-caméras COULEURS



### Micro-caméras COULEUR

avec émetteur VIDÉO intégré :

- Livrées avec récepteur.
- Portée jusqu'à 300 mètres.

### 2 Modèles :

- Objectif à mise au point réglable Dimensions : 22 x 15 x 34 mm.
- Objectif PIN-HOLE (trou d'aiguille) Dimensions : 22 x 15 x 20 mm.

La caméra avec objectif réglable **115.0920-1 399,50 € TTC**

La caméra avec objectif PIN-HOLE **115.0920-2 399,50 € TTC**

## Antenne FM METZ



A partir de **85€00 TTC**

Réveillez votre TUNER



Et pour tout savoir :

**Selectronic**

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



**MAGASIN DE PARIS**  
11, place de la Nation  
75011 Paris (Métro Nation)

**MAGASIN DE LILLE**  
86 rue de Cambrai  
(Près du CROUS)

Photos non contractuelles



**Catalogue Général 2003**

Envoi contre 10 timbres au tarif "LETRE" en vigueur (0,46 € au 1er septembre 2002) ou contre 5,00 € en chèque.

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 :  
 5 bd Ney, 75018 Paris

SARL au capital de 7 775 €  
 Directeur de la publication  
 Bernard Duval

## Led

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

## Services :

**Rédaction - Abonnements :**

**01 44 65 88 14**

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

## Ont collaboré à ce numéro :

Rinaldo Bassi  
 Bernard Dalstein  
 Bernard Duval  
 Jérôme Gest

## Abonnements :

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

## Publicité :

Bernard Duval

## Réalisation :

- PV Editions  
 Christian Mura  
 Frédy Vainqueur

## Secrétaire de rédaction :

Fernanda Martins

## Photos :

Antonio Delfin

## Impression :

Berger Levraut - Toul  
**Imprimé en France**

## 6

### ET SI ON PARLAIT : «TUBES» REMONTONS EN ARRIÈRE VOULEZ VOUS ? (COURS N°1)

Nous recevons quotidiennement des appels de lecteurs nous demandant de leur recommander le ou les ouvrages traitant à fond et simplement le fonctionnement et la pratique de mise en œuvre des tubes électroniques. A notre grand regret et à l'exception d'ouvrages anciens difficiles à dénicher, il en existe fort peu en langue française. C'est ce qui nous a décidé à nous mettre au travail. Tout au long de cette série d'articles, nous allons nous efforcer d'entrer à fond dans l'intimité du tube électronique qui, pensons nous, est fort mal connu par vous tous, en restant accessible au plus grand nombre.



## 14

### RÉALISATION D'UN ANALYSEUR SPECTRAL AUDIO 2x8 VOIES PILOTÉ PAR LE KIT SX28 (7<sup>ÈME</sup> PARTIE)

L'analyseur spectral est le complément idéal de l'égaliseur graphique. Il permet de visualiser graphiquement la réponse en fréquence d'un équipement audio afin de la corriger.

## 25

### COMPTE RENDU D'ÉCOUTE DU PUSH-PULL 845

## 26

### AMPLIFICATEUR EN CLASSE A SINGLE-END AVEC MOS-FET 2SK1058 SANS CONTRE RÉACTION

Ayant trouvé au catalogue de Burr-Brown un amplificateur opérationnel «haute tension» capable de supporter  $\pm 45$  V, nous avons été tentés par la «refonte» de l'étude publiée dans le Led n°165 qui ne délivrait que 2x6,5 Weff. Le SINGLE-END proposé dans ce numéro atteint cette fois près de 2x40 Weff en toute sécurité et dans d'excellentes conditions. Fonctionnant sans contre réaction, cet amplificateur permet une écoute impulsionnelle irréprochable avec un faible taux de distorsion.

## 38

### DISPOSITIF D'ALIMENTATION POUR LE RETRO-ECLAIRAGE DES MODULES LCD

La plupart des afficheurs LCD étant dotés d'un dispositif de rétro-éclairage, le module proposé devrait répondre à la grande majorité des situations. La mise en œuvre d'un convertisseur à découpage intégré permet d'obtenir un montage compact et un rendement excellent.

## 40

### SERVICE CIRCUITS IMPRIMÉS

## 42

### LES ALIMENTATIONS POUR AMPLIFICATEURS À TUBES (2<sup>ÈME</sup> PARTIE)

Après avoir passé en revue les alimentations passives et leurs cousines stabilisées, nous allons aujourd'hui nous intéresser aux alimentations régulées à travers l'étude d'un montage très performant présentant de très bonnes caractéristiques en terme de bruit et de stabilité.

## 48

### PETITES ANNONCES

## DROITS D'AUTEUR

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

# VENTE AU NUMÉRO

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

## N° 145

**Photocopies de l'article (Prix de l'article : 4,60 €) :**  
- Réalisez un kit de développement évolutif pour microcontrôleur 68HC11 (1<sup>ère</sup> partie)

## N° 146

**Photocopies de l'article (Prix de l'article : 4,60 €) :**  
- Réalisez un kit de développement évolutif pour microcontrôleur 68HC11 (2<sup>ème</sup> partie)  
- Le CLASSIQUE : amplificateur de 2 x 20 Weff avec pentodes EL34

## N° 148

**Photocopies de l'article (Prix de l'article : 4,60 €) :**  
- Kit de développement pour 68HC11 (4<sup>ème</sup> partie)  
Gestion de claviers matriciels

## N° 152

**Photocopies de l'article (Prix de l'article : 4,60 €) :**  
- Un caisson d'extrême grave avec les HP 13 VX FOCAL ou PR330M0 AUDAX (1<sup>ère</sup> partie)  
- La triode 300B. Amplificateur de 2 x 9 Weff en pure classe A sans contre-réaction

## N° 153

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

## N° 154

- Multimètre 4 rampes 35 000 points (2<sup>ème</sup> partie)  
- La 300B en push-pull classe A 20 Weff 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° 155

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

## N° 156

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

## N° 157

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

## N° 159

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

## N° 160

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

## N° 161

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

## N° 162

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

## N° 163

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

## N° 164

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

## N° 165

**Photocopies de l'article (Prix de l'article : 4,60 €) :**  
- Amplificateur de forte puissance, quadruple Push-Pull de 6L6 en polarisation négative de grille, 100 watts efficaces

## N° 166

**Photocopies de l'article (Prix de l'article : 4,60 €) :**  
- Double push-pull de tétrodes 6V6 GT : 2x20 Weff  
- Enceinte SEAS 01 (1<sup>ère</sup> partie)

## N° 167

**Photocopies de l'article (Prix de l'article : 4,60 €) :**  
- Enceinte SEAS 01 (2<sup>ème</sup> partie)  
- Ampli classe A à transistors bipolaires 2 x 30 Weff  
- Bloc de puissance Hi-Fi : triple Push-Pull d'EL34 pour 120 Weff

## N° 168

**Photocopies de l'article (Prix de l'article : 4,60 €) :**  
- Module de développement pour microcontrôleur SX28 (Scénix) (1<sup>ère</sup> partie)  
- 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

- Module de développement pour microcontrôleur SX28 : bases de programmation en assembleur (2<sup>ème</sup> partie)  
- 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)  
- Push-Pull de triodes 845 : 43 Weff à 2 % de distorsion  
- 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° 171

**Photocopies de l'article (Prix de l'article : 4,60 €) :**  
- Le MICROCONTROLEUR SX28 (Scénix) mise en œuvre des convertisseurs (4<sup>ème</sup> partie)  
- La 6550 Electro-Harmonix en single-end : 2x10 Weff

## N° 172

- Le MICROCONTROLEUR SX28 (Scénix) gestion des claviers alphanumériques (5<sup>ème</sup> partie)  
- Push-Pull de 845 : Bloc mono de 40 Weff (1<sup>ère</sup> partie)  
- La capacité du condensateur  
- Chronomètre/analyseur à mémoire (1<sup>ère</sup> partie)  
- Compresseur de modulation audio

## N° 173

- Le MICROCONTROLEUR SX28 (Scénix) gestion des afficheurs LCD alphanumériques et graphiques (6<sup>ème</sup> partie)  
- Push-Pull de 845 : bloc mono de 40 Weff (2<sup>ème</sup> partie)  
- Les alimentations H.T. pour amplificateurs à tubes  
- Enceinte haut rendement avec HP coaxial  
- Un classe A KT88E.H./6SN7 surprenant avec câblage à l'ancienne sans circuit imprimé

Je vous fais parvenir ci-joint le montant de ..... €  
par CCP  par chèque bancaire  par mandat

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

Quelques numéros encore disponibles (prix 4,60 €) :  
122, 123, 125, 132, 133, 135, 141, 143, 149, 151, 158

Je désire :

...n° 153  ...n° 157  ...n° 162  ...n° 170   
...n° 154  ...n° 159  ...n° 163  ...n° 172   
...n° 155  ...n° 160  ...n° 164  ...n° 173   
...n° 156  ...n° 161  ...n° 169

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

...n° 145  ...n° 152  ...n° 167   
...n° 146  ...n° 165  ...n° 168   
...n° 148  ...n° 166  ...n° 171

NOM : ..... PRÉNOM : .....  
N° : ..... RUE .....  
CODE POSTAL : ..... VILLE : .....

# St Quentin Radio

6 rue de St Quentin 75010 PARIS / Tél 01 40 37 70 74 - Fax 01 40 37 70 91

Prix donnés à titre indicatif

## Pot. Professionnel ALPS

AUDIO PROFESSIONNEL, double logarithmique  
2x10K, 2x20K, 2x50K, 2x100K  
14,00€ TTC pièce



## Pot. SFERNICE P11

**MONO LINÉAIRE** - 470 ohms, 1K, 2K2, 4K7, 10K, 22K, 47K, 100K, 220K, 470K, 1M ..... 5,80€  
**MONO LOG** - 470 ohms, 1K, 2K2, 4K7, 10K, 22K, 47K, 100K, 220K, 470K, 1M ..... 7,50€  
**STÉRÉO LINÉAIRE** - 2x2K2, 2x4K7, 2x10K, 2x22K, 2x47K, 2x100K, 2x220K, 2x470K, 2x1M ..... 11,30€  
**STÉRÉO LOG** - 2x2K2, 2x4K7, 2x10K, 2x22K, 2x47K, 2x100K, 2x220K, 2x470K ..... 13,90€



## Pot. SFERNICE PE 30

Petit Cermel, dissip max 3W/70°C, axe métal 40mm, cosses à souder  
**MONO LINÉAIRE**  
470R, 1K, 2K2, 4K7, 10K, 22K, 47K, 100K, 220K ..... 17,50€



### Condensateur chimique

2,2µF/400V radial	8,80€
4,7µF/380V radial	1,40€
10µF/450V axial	3,05€
15µF/480V radial	3,00€
22µF/350V radial	1,40€
22µF/450V axial	4,20€
33µF/450V axial	3,85€
47µF/250V axial	3,85€
47µF/400V radial	2,80€
47µF/450V axial	3,85€
100µF/200V radial	2,80€
100µF/380V SNAP	3,35€
100µF/480V SNAP	4,00€
100µF/480V SNAP	5,50€
100µF/480V axial	8,10€
220µF/180V axial	3,85€
220µF/350V SNAP	4,50€
220µF/400V SNAP	6,80€
220µF/480V SNAP	7,85€
330µF/400V SNAP	7,85€
470µF/200V SNAP	8,35€
470µF/480V SNAP	14,95€
470µF/450V SNAP	15,00€
800µF/280V SNAP	8,40€
1000µF/250V SNAP	7,80€
1000µF/250V SNAP	13,00€
2200µF/83V radial	2,75€
4700µF/50V SNAP	3,70€
4700µF/83V radial	3,35€
4700µF/80V SNAP	8,50€
10000µF/18V SNAP	2,45€
10000µF/35V SNAP	6,10€
10000µF/83V SNAP	8,90€
22000µF/25V SNAP	8,40€

## XLR NEUTRIK



Fiche mâle		Fiche femelle		Chassis		
droit	Coudé	droit	Coudé	mâle	fem	
3	4,50€	7,50€	5,50€	8,40€	4,50€	5,50€
3	6,10€	-	6,90€	-	6,90€	7,35€
4	5,30€	8,40€	6,80€	10,40€	8,90€	7,35€
5	7,80€	-	9,50€	-	8,00€	12,00€
6	10,70€	-	10,70€	-	10,35€	14,50€
7	12,20€	-	12,20€	-	18,05€	19,10€

\* noir doré

## XLR importation

3br mâle prol. 2,50€ pièce, 22,50€ les 10  
3br femelle prol. 2,50€ pièce, 22,50€ les 10

## JACK 6,35 Professionel

**NEUTRIK**  
Mono mâle droit 6,35mm ..... 4,30€  
Mono mâle coudé 6,35mm ..... 4,80€  
Stéréo mâle droit 6,35mm ..... 5,80€  
Stéréo mâle coudé 6,35mm ..... 8,50€  
Stéréo femelle droit 6,35mm ..... 8,80€  
Stéréo chassis métal 6,35mm ..... 7,10€



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

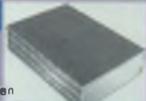
## Cinch NEUTRIK

Doré, légal, grâce à un système de ressort, la masse est connectée en premier  
La paire 22,50€



## Coffrets GALAXY

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



Hauteur = 48mm			Hauteur = 80mm				
Largeur x profondeur			Largeur x profondeur				
GX143	124	75	26,90€	GX187	124	170	38,90€
GX147	124	170	32,90€				
GX247	230	170	38,90€	GX287	230	170	43,00€
GX243	230	230	40,40€	GX283	230	230	45,75€
GX248	230	280	42,70€	GX288	230	280	48,00€
GX347	330	170	45,00€	GX387	330	170	55,85€
GX343	330	230	48,90€	GX383	330	230	57,80€
GX348	330	280	49,90€	GX388	330	280	59,80€

## Transistors et Circuits Intégrés

AD 818AN	5,95€	MJ 15024	5,00€
AD 826AN	7,35€	MJ 15025	5,00€
HA2-2645	20,00€	MJE 340	0,80€
IRF 510	1,40€	MJE 350	0,80€
IRF 540	1,80€	MPSA 06	0,40€
IRF 540	2,30€	MPSA 56	0,40€
IRF 840	2,75€	MPSA 42	0,30€
IRF 9530	2,30€	MPSA 92	0,30€
IRF 9540	1,85€	NE 5532AN	1,85€
IRFP 150	8,75€	NE 5534AN	1,20€
IRFP 240	5,00€	OPA 604	4,48€
IRFP 350	5,80€	OPA 627	22,75€
LF 356N	1,10€	OPA 2604	4,80€
LM 317T	0,95€	OPA 2658P	10,40€
LM 317K	4,80€	PIC 16F84	7,55€
LM317HVK	10,80€	TDA 2050	4,68€
LM 337T	1,25€	TDA 1562Q	15,88€
LM 395T	4,15€	TDA 7294	11,48€
LM 675T	7,05€	2N 3055	1,76€
LT 1028	14,00€	2N 3440	1,10€
		2N 3906	0,50€
LM 3886T	9,50€	2N 5401	0,50€
Par 10 pièces		2N 5416	1,40€
LM 3886T	5,99€	2N 5551	0,50€
		2SK1058	10,55€
MJ 15003	4,00€	2AC16	2,30€
MJ 15004	3,50€		

## Liste non exhaustive

## Condensateur démarrage

1µF/450V alternatif	7,00€
1,5µF/450V alternatif	18,00€
2µF/450V alternatif	5,80€
4µF/450V alternatif	7,00€
8µF/450V alternatif	8,00€
10µF/450V alternatif	8,40€
12µF/450V alternatif	9,00€
15µF/450V alternatif	10,00€
16µF/450V alternatif	9,50€
20µF/450V alternatif	11,00€
25µF/450V alternatif	12,20€
35µF/450V alternatif	14,50€

## Condensateur CO39/Felcic85

1000µF/450V	38,15€
1000µF/500V	45,80€
1500µF/400V	35,00€
1500µF/450V	38,00€
2200µF/450V	60,85€

## LED bleue & blanche

LED BLEUE haut rendement	
3mm 40mcd typ/60° plastique bleu diffus	2,50€
5mm 40mcd typ/60° plastique bleu diffus	2,75€
5mm 40mcd typ/60° plastique clair	2,30€
5mm 3700mcd typ/6° plastique bleu diffus	6,18€

LED BLANCHE haut rendement	
3mm - 300mcd typ. clair	2,75€
5mm - 3300mcd typ. diffus	4,00€
5mm - 3300mcd typ. clair	3,10€

## Auto-transfo. 220/110V

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

Rél	Puis	Poids	Prix TTC
ATNP150	150VA	1,4Kg	41,00€
ATNP250	250VA	2,4Kg	51,00€
ATNP350	350VA	2,8Kg	60,85€
ATNP500	500VA	3,8Kg	71,00€
ATNP750	750VA	6,3Kg	81,00€
ATNP1000	1000VA	8Kg	120,00€
ATNP1500	1000VA	8Kg	142,00€

Import	100VA - 19€	300VA - 39€
45VA - 10€		

## Câble HP Professionnel

2x0,75mm <sup>2</sup> Cullman	1,00€
2x1,5mm <sup>2</sup> Cullman	2,40€
2x4,0mm <sup>2</sup> Cullman	4,80€
2x8,0mm <sup>2</sup> Cullman	4,60€
2x2,5mm <sup>2</sup> Cullman, Cu argenté	3,75€
2x2,5mm <sup>2</sup> type coaxial Fastline	2,30€
2x2,5mm <sup>2</sup> Fastline	2,50€
4x2,5mm <sup>2</sup> Fastline	4,00€

## Câble blinde Professionel

GAC 1 - Gotham 1 cond + blind, ø 5,3mm	2,00€
2524 - mogami 1 cond + blindage	2,60€
GAC 2 - Gotham 2 cond + blind, ø 5,4mm	2,15€
2782 - Mogami 2 cond + blindage	2,70€
GAC 2 AES/EBU Gotham (pour son digital)	5,50€
GAC 3 - Gotham 3 cond + blind ø 4,8mm	2,45€
GAC 4 - Gotham 4 cond + blind ø 5,4mm	2,75€
2534 - Mogami, 4 cond + blindage	3,35€

## Gaine tressée et torsadée

Gaines torsadées extensibles en polythène pour câbles de différentes dimensions Sans halogène	
SPT 125 - diam 2,0 à 13mm/ le mètre	1,20€
SPT 250 - diam 5,0 à 50mm/ le mètre	1,80€
SPT 375 - diam 8,0 à 76mm/ le mètre	2,00€
SPT 500 - diam 10 à 102mm/ le mètre	2,90€

Gaine tressée expansible PLIOSIL-PET thermoplast à haute stabilité thermique exempt d'halogène. Cette gaine est conçue pour la protection mécanique des câbles d'installations mobiles, elle possède la propriété de s'adapter à des diamètres qui peuvent atteindre de 170% à plus de 200% de son diamètre nominal.

Couleur : noir Plage d'utilisation Pnx au mètre	
3 à 8mm - PET 4	1,40€
8 à 12mm - PET 6	2,00€
8 à 16mm - PET 8	2,00€
10 à 20mm - PET 10	2,00€
14 à 24mm - PET 12	2,75€

## Convertisseur 12V(ou 24V) en 220V

Entrée 12VDC nominal (10-15V) ou 24VDC, sortie voltage 220VAC RMS +/- 5%, Fréquence 50Hz +/- 3%, signal sortie sinusoïde transformée, protections : softstart, batterie faible - protection survoltage en entrée - surcharge en sortie - dépassement de température

	12V ou 24V		
	150W	300W	1000W
	83,70€	108,00€	242,00€
		500W	394,84€

## Tubes électroniques

ECC 81	10,70€	EZ 81	15,19€
ECC 82	11,45€	KT 88 la paire	83,00€
ECC 83	10,00€	KT 90 la pièce	65,55€
12AX7 (EH)	17,00€	300B (Sovtek)	228€
ECC 84	9,95€	la paire	
ECC 83	10,00€	7189=7320	
ECL 86	19,10€	la paire	73,00€
EL 34	18,00€	6L6wt(Sovtek)	17,80€
EL 34 la paire	38,00€	6L6wt (STA)	
EL 84 (Sovtek)	10,00€	la paire	38,00€
les 2 appairés	25,00€	845	77,00€
EL 84 les 10	70,00€		

## Support TUBE

NOVAL C. Imprime		OCTAL avec cosses	
Ø 22mm	4,80€	Ø 30mm	4,80€
Ø 25mm	4,80€	pour 300B	8,00€
chassis	4,80€	pour 845	22,15€

## Transformateur pour TUBE

Sortie			
136-154-166	107€	136-140	87€
138	56€	138	70€
140	99€	142	77€
143	109€	143-145	100€
146	109€	146-150	100€
146-150	109€	147-148	82€
151	92€	149-158	85€
152	235€	152	107€
155	104€	154-159-160	97€
157-160-169	114€	155	87€
159-160	156€	157-160	115€
161-162	285€	161-162-163	218€
167	114€	163	59€
		166	94€
		167-169	114€

Sur notre site internet [www.stquentin.net](http://www.stquentin.net) tous les devis des amplificateurs à tubes de la revue LED

## Catalogue SQR



Par correspondance (M) : 5€  
Comptoir : 2,5€  
(\*) avec une commande, n'ajoutez que 2,5€

## Cordons, Câbles et fiches

<b>Cordons SVHS</b>	
1,20m, fiches dorées, Haute Définition	8,25€
1,80m, mâle/mâle	5,50€
3m, fiches dorées, mâle/mâle	6,90€
5m, fiches dorées, mâle/mâle	8,50€
10m, fiches dorées, mâle/mâle	10,00€

<b>Câble SVHS</b>	
Standard type sindex	2,75€
Haute définition diam 8mm	3,85€

<b>Fiches SVHS</b>	
Standard plastique	1,50€
Doré, pour câble diam 8mm	3,35€

<b>Cordons optique</b>	
1 mètre	13,00€
5 mètres	26,00€
10 mètres	38,00€

<b>Cordons Péritel / 6xRCA</b>	
1,20 mètre mâle/mâle	8,40€

<b>Câble audiovidéo</b>	
Câble comprenant	
2 audio type sindex + 1 vidéo 75 ohms	1,50€

<b>Fer à souder</b>	
JBC 14ST - 11W/220V	31,70€
JBC 30ST - 24W/220V	25,60€
JBC 40ST - 26W/220V	25,60€
JBC 65ST - 36W/220V	29,90€
DS fer à dessouder	45,45€
SL2020 fer thermosoudé	65,80€

### REMONTONS EN ARRIÈRE VOULEZ VOUS ?



Il y a trente ans, dans les années 70, les marchands de Hi-Fi bradaient les derniers stocks d'amplificateurs à tubes qui traînaient sur leurs étagères. Les Mc Intosh, Leak et autres Quad étaient largués à des prix défiant toute concurrence à quelques attardés mentaux, dont je faisais partie, sous l'œil goquenard et attristé des vendeurs qui ne juraient plus que par le «All Solid State» en bon français le «Tout transistor».

**P**arallèlement, les mêmes attardés mentaux (voir plus haut), pour rendre service, débarrassèrent les fabricants et les marchands de composants des piles de cartons pleins de tubes qui les encombraient et qui ne servaient plus à rien. Après plus d'un demi siècle de bons et loyaux services, le tube électronique connu sa traversée du désert, elle devait durer près de vingt ans. Quelques dinosaures qui s'appelaient Audio Research, Conrad Johnson, Michaelson/Austin, Jadis, et quelques autres s'accrochèrent au tube. Mais il faut bien l'avouer ils n'intéressaient plus grand monde à l'exception de certains initiés que l'on traitait avec

mépris de «nostalgiques passésistes». Nous autres, les aficionados, nous continuâmes telle une société secrète à œuvrer en catimini dans nos laboratoires planqués. Car le tube avait encore beaucoup de choses à dire, nous en étions convaincus. Le prix du composant de base, le tube, ne valant plus tripette on pouvait donc expérimenter sans se ruiner et les résultats furent à la hauteur des espérances. Ça marchait rudement bien !...

Revenons aux choses sérieuses voulez-vous ? A l'aube du vingt et unième siècle, on sait que ça marche.

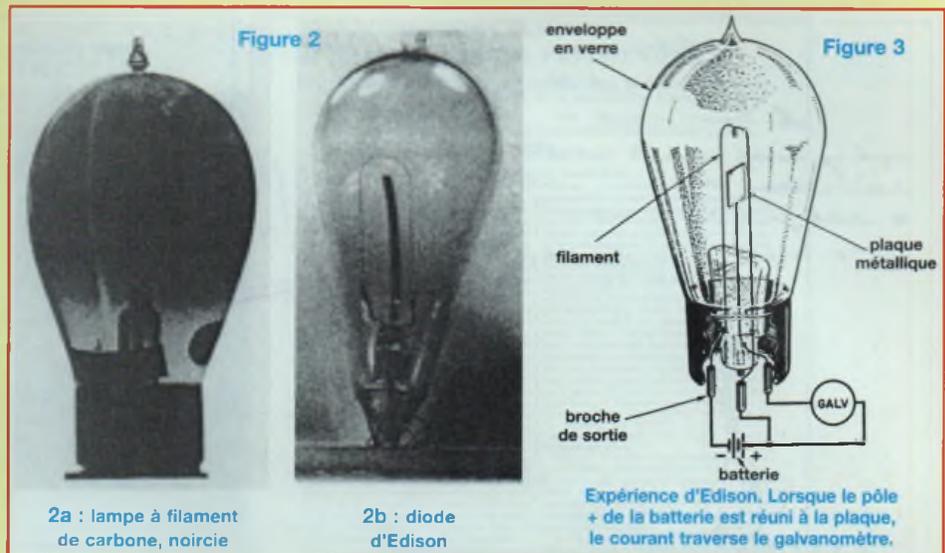
Il faut tout de même rendre à César ce qui est à César et reconnaître que dès les années 50, le matériel professionnel qui

# COMMENT ÇA FONCTIONNE ?

ne connaissait pas les contraintes financières de l'électronique à tubes grand public, avait atteint un niveau de qualité à faire pâlir les trois quarts de nos fabrications actuelles. Les recherches nouvelles effectuées en particulier par Bill Johnson avec Audio Research consistèrent à appliquer à l'audio les méthodes utilisées couramment en oscillographie et en informatique dans les années 50.

Aujourd'hui la «tubomania» a envahi le monde de l'audio pour le meilleur et aussi malheureusement pour le pire ! Nous autres, qui étions traités de «paléo-électriciens» il y a quelques années, sommes souvent atterrés de voir certaines «daubes» à tubes qui sont vendues à des prix effarants tout en fonctionnant très mal. La cause ? en dehors de l'opportunisme de certains constructeurs, une méconnaissance évidente du fonctionnement intime de cette petite merveille qu'est le tube. Pour ceux d'entre vous qui ont été nourris à l'électronique des semi-conducteurs, vous savez fort bien que si vous vous bornez à appliquer à un transistor ou à un FET les tensions et les courants relevés dans un «Data Book», vous aurez neuf chances sur dix de «pondre» un circuit médiocre... (quant il ne «cramera» pas !). Et bien c'est pareil pour un tube, sauf qu'il est beaucoup plus difficile à occire qu'un transistor.

Bernard Duval et moi même recevons quotidiennement les appels d'amateurs et de professionnels nous demandant de leur recommander le ou les ouvrages traitant à fond et simplement le fonctionnement et la pratique de mise en œuvre des tubes électroniques. A notre grand regret et à l'exception d'ouvrages anciens difficiles à dénicher, il en existe fort peu en langue française (aux USA les rééditions sont abondantes depuis une dizaine d'années, pas chez nous). C'est ce qui nous a décidé à nous mettre au travail. Tout au long de cette série d'articles, nous allons nous efforcer d'entrer à fond dans l'intimité du tube électronique qui, pensons nous, est fort mal connu par vous tous, en restant accessible au plus grand nombre.



Que les spécialistes et les mathématiciens ne nous en tiennent pas rigueur, nous avons voulu éviter les longs développements théoriques et mathématiques qui, bien qu'étant passionnant, n'apporteraient que confusion dans l'esprit du lecteur. Nous resterons cependant rigoureux et ceux d'entre vous qui désireraient des compléments d'informations pourront se reporter à la bibliographie que nous leur communiquerons avec plaisir.

Assez parlé maintenant et entrons dans le vif du sujet en commençant par le début.

## L'EFFET EDISON

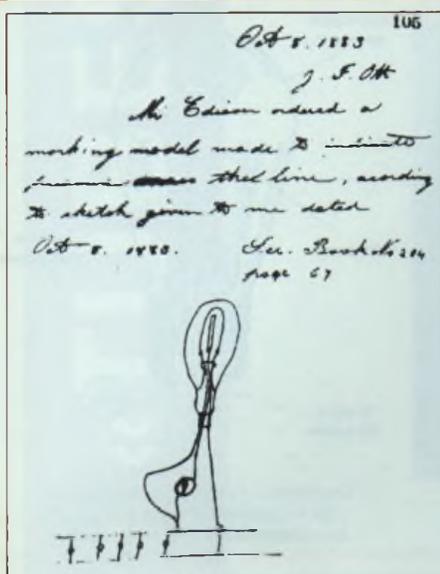
Nous sommes en 1879 (comme le temps passe !) Edison après moultes péripéties vient de mettre au point la lampe à incandescence.

Il a tout découvert : la nécessité de faire le vide dans l'ampoule, surtout le filament en carbone pur et ça marche ! Sauf qu'au bout de quelques heures de fonctionnement, l'ampoule s'obscurcit. Un fin dépôt de carbone se dépose à l'intérieur de la lampe. Mais comment cela est-il possible, puisque l'intérieur de l'ampoule est vide d'air ! On le sait, Edison comme tous les génies était un extraordinaire intuitif. Toujours est-il que ce diable d'homme eut l'idée d'introduire dans l'ampoule en plus du filament une plaque métallique (c'est

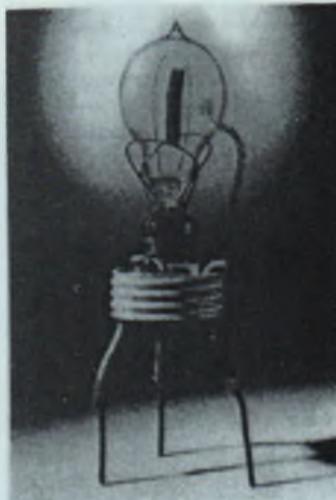
précisément la constitution de ce que l'on appelle aujourd'hui une diode à vide, figure 2). Le carbone se déposant toujours sur le verre, il eut l'idée d'utiliser une batterie et de connecter le pôle positif de cette dernière à la plaque et le pôle négatif au filament. Un galvanomètre connecté dans le circuit indiqua le passage d'un courant. En l'état des connaissances de l'époque, cela était strictement impossible, figure 3. En effet, l'espace entre le filament et la plaque métallique représentait physiquement un circuit ouvert, le courant ne pouvait donc pas passer. Edison consigna cependant ses observations dans son carnet de notes et comme il ne perdait jamais le nord, il déposa un brevet car il avait constaté que le courant augmentait avec la température du filament : plus la lampe éclairait, plus le courant augmentait, on pouvait donc utiliser ce phénomène (qui n'avait aucune explication logique à l'époque) pour mesurer la tension aux bornes d'un circuit (8 octobre 1883), figure 4.

Il ne le savait pas, mais il avait découvert l'effet thermoionique que l'on appelle toujours aujourd'hui «L'effet Edison». Mine de rien il avait inventé le premier voltmètre électronique.

L'effet Edison est fondamental, c'est la base du fonctionnement de tous les tubes électroniques à vide, de la plus modeste



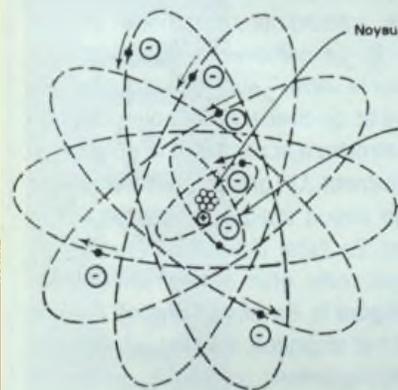
**Figure 4 :**  
Extrait du carnet d'Edison daté du 8 octobre 1883 et décrivant ce que l'on peut considérer comme le premier voltmètre électronique.



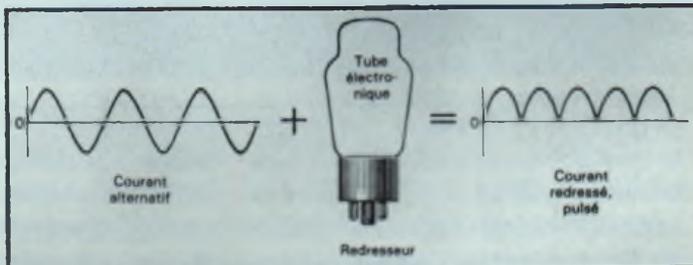
**Figure 7 :**  
Toute première valve de Fleming accompagnée de son bon de commande à l'Edison Company.



**Figure 6 :**  
L'art et la manière de transformer un courant alternatif en courant continu, selon un document d'initiation à l'électronique de l'armée américaine en 1952.



**Figure 5 :**  
Représentation tridimensionnelle (et très théorique) d'un atome imaginaire. Ce sont les électrons les plus éloignés du noyau central, donc moins soumis à l'attraction de ce dernier, qui seront le plus facilement arrachés de leur orbite.



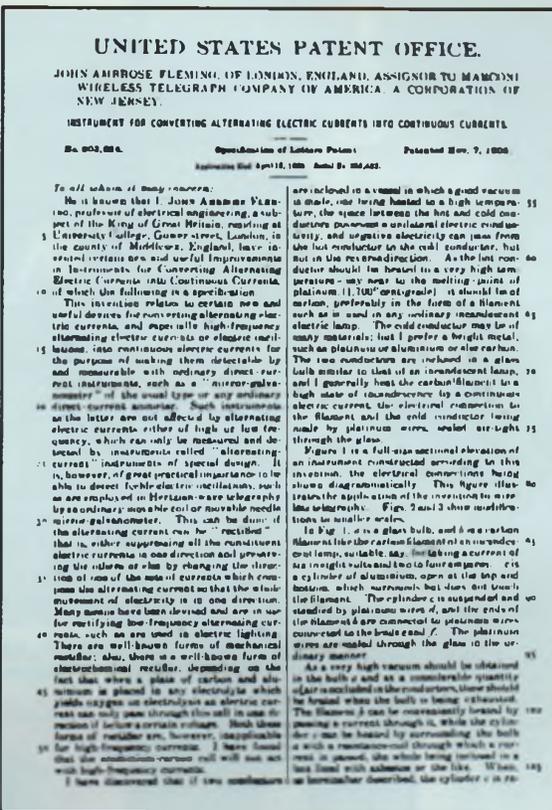
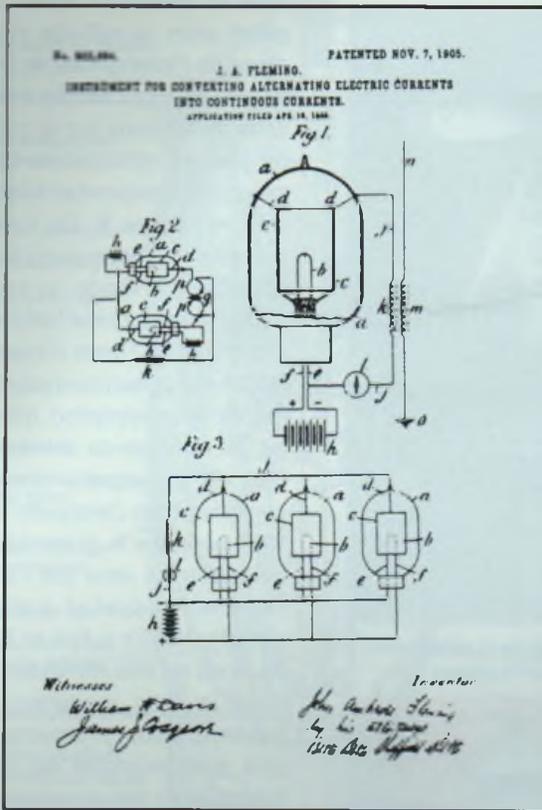
diode aux gigantesques tubes d'émission que l'on utilise encore aujourd'hui. Et pourtant, il faut attendre 1899 pour que le physicien anglais JJ Thomson donne une explication logique en s'appuyant sur les travaux du physicien français Perrin qui vient d'identifier un «grain» d'électricité négative. Thomson l'inclut dans sa représentation de l'atome et baptise cette petite particule d'électricité négative «électron». Brièvement, cette théorie considère la matière comme étant composée de toutes petites particules individuelles chargées négativement et appelées «électrons». Elles gravitent autour d'un noyau central formé de particules positives appelées protons, telles des planètes autour du soleil, **figure 5**. On sait depuis que c'est

beaucoup plus compliqué que cela, mais toute l'électronique à tubes repose sur cette théorie. Cette représentation physique de l'atome est la clé d'une bonne compréhension des phénomènes mis en jeu : nous en resterons donc là. Une fois sa théorie de l'atome bien en main, si j'ose m'exprimer ainsi, Thomson expliqua l'«Effet Edison» de la façon suivante : en chauffant de la matière, on lui apporte de l'énergie, ce qui se traduit à l'échelle moléculaire par une agitation de plus en plus grande des molécules la constituant et à l'échelle atomique des chocs de plus en plus nombreux entre atomes. Certains électrons sont alors éjectés de leur orbite et certains d'entre eux peuvent s'échapper de la matière. En chauffant le filament de carbone de la

lampe d'Edison, les électrons qui se sont libérés de la matière ont été attirés à travers le vide par la plaque chargée positivement. C'est la base de toute l'électronique à tubes. En 1904 Fleming en Angleterre fabriqua et breveta ce que l'on peut appeler le premier tube électronique. Armé de la théorie de Thomson et des notes d'Edison qui avait constaté que un inversant la polarité de la pile entre la plaque et le filament, c'est-à-dire en rendant la plaque négative par rapport au filament, le courant ne passait plus, il mit au point le premier redresseur à vide, c'est-à-dire la transformation d'un courant alternatif (en clair : changeant de sens périodiquement) en un courant pulsé de même sens, **figure 6**.

# COMMENT ÇA FONCTIONNE ?

Figure 8 :  
Brevet de  
Fleming du  
7 novembre  
1905.



Fleming avait interprété correctement le phénomène : les électrons chargés négativement sont repoussés par la plaque lorsque celle-ci est négative et attirés par elle lorsque celle-ci est positive. Le courant circule donc toujours dans le même sens, du pôle négatif (le filament appelé aujourd'hui Cathode) vers la plaque (appelée Anode). Ici il faut s'arrêter un instant car c'est une énorme source de confusion pour vous qui êtes habitués à l'électronique à transistors.

## DU SENS CONVENTIONNEL ET RÉEL DU COURANT

Attention ! Dans toute l'électronique à tubes, il s'agit d'un déplacement d'électrons. charges négatives d'électricité qui se déplacent du pôle négatif au pôle positif de la source d'alimentation. Le courant se dirige donc toujours du moins vers le plus : c'est le sens **réel** du courant. Quand on lit un schéma d'électro-

nique à tubes, on suit toujours les circuits actifs en partant des cathodes (moins) vers les anodes (plus). Comme le moins est très souvent relié à la masse on part toujours de la masse vers la «plus» haute tension et non l'inverse.

Si vous êtes habitués aux schémas à «semiconducteurs» c'est très perturbant, car dans cette électronique là on utilise le sens «conventionnel» du courant, soit du plus vers le moins, ce qui est physiquement un non sens car ce sont toujours des électrons qui circulent et ces derniers ne changent pas d'opinion comme de chemise : ils sont toujours chargés négativement.

Cette observation simple est rarement signalée. C'est la source de bien des confusions dans l'interprétation des schémas tant à tubes qu'à semiconducteurs. C'est pour cette raison que les électroniciens qui ont l'habitude des tubes parlent de «pure électronique», car dans cette électronique là ce sont les

électrons qui sont manipulés, accélérés, bloqués, ralentis et ils se déplacent toujours du moins vers le plus ! Ne pas l'oublier ...

## DE LA DIODE DE FLEMING À LA TRIODE DE LEE DE FOREST

Fleming, qui était anglais, baptisa son invention la **valve**, car elle ne laissait passer le courant que dans un seul sens, **figure 7 et figure 8**. Le terme est toujours utilisé aujourd'hui pour désigner une diode de redressement, et c'est le terme général désignant les tubes électroniques en Angleterre. Mais à quoi pouvait bien servir cette invention en 1904 ? Fleming était depuis 1899 Conseiller Technique d'une autre célébrité de l'époque et non des moindres : Guglielmo Marconi. Ce dernier avait mis au point son système de télégraphie sans fil et avait réalisé en 1901 la première liaison télégraphique transatlan-

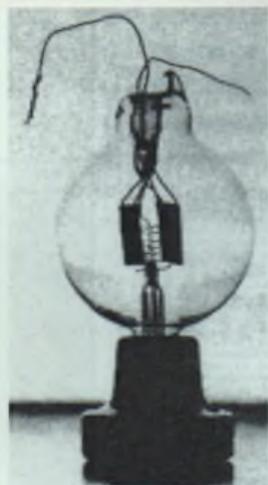


Figure 9a :  
Modèle  
d'Audion  
(1908/1909)



Figure 9b : Détails de la construction  
filament, grille, plaque

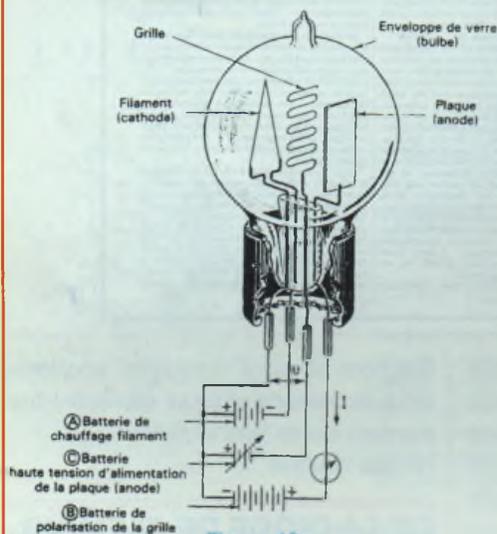
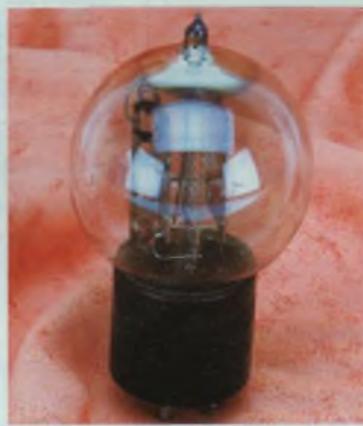


Figure 10 :

Représentation schématique d'une triode de De Forest.  
Une faible variation de la tension entre la grille et le filament entraîne une grande variation du courant.



tique. En 1904, la valve de Fleming arriva à point pour supplanter les cohérents et détecteurs à galène imprécis et peu sensibles. Il faut préciser ici que les détecteurs à galène sont des redresseurs à contacts, les ancêtres des systèmes semi-conducteurs qui donneront naissance beaucoup plus tard en 1949, aux diodes et transistors que nous connaissons aujourd'hui.

Mais il manquait toujours quelque chose. Pour émettre il n'y avait pas de problèmes majeurs : on utilisait à l'époque d'énormes alternateurs produisant l'énergie nécessaire. Mais à la réception, malgré la valve

de Fleming, le problème restait entier dès qu'il fallait recevoir un signal à plusieurs milliers de kilomètres, celui-ci était tellement faible qu'il était souvent inutilisable. Il manquait un système permettant d'amplifier le signal avant la détection. On avait bien essayé de construire des transformateurs mais les résultats étaient plus que médiocres. C'est ici qu'apparaît celui que l'on appelle « le père de toute l'électronique moderne » : l'américain Lee de Forest. Ce dernier essaya d'agir de différentes manières sur le flux électronique du redresseur de Fleming, jusqu'au jour où il eut l'idée d'introduire un zig-zag métal-

lique en forme de «gril» (d'où le terme grille) entre la cathode et l'anode de la diode de Fleming. Les résultats dépassèrent les espérances : de très faibles variations de tensions sur la grille entraînaient de grandes variations du courant dans le circuit de plaque. Le tube amplificateur était né, figure 9. De Forest le baptisa «l'Audion», c'est aujourd'hui ce que nous appelons une triode, ou tube à trois électrodes. Pour la petite histoire, il faut préciser ici que De Forest n'interpréta pas correctement le fonctionnement de l'Audion lors de sa présentation. Il pensait que l'effet de variation du courant de la plaque était dû à l'ionisation des gaz résiduels contenus dans l'ampoule. Il faut attendre 1907 pour que le phénomène de contrôle des électrons émis par l'anode soit correctement analysé et quantifié. Le brevet d'application fut publié en 1908, figure 10. Tout ceci est très intéressant me direz-vous mais le tube moderne, c'est quoi ? Patience, nous y arrivons, mais avouez qu'il était important de parler de l'effet Edison, et au risque de vous déplaire, avant d'entrer dans le vif du sujet, il nous reste quelques questions élémentaires à traiter.

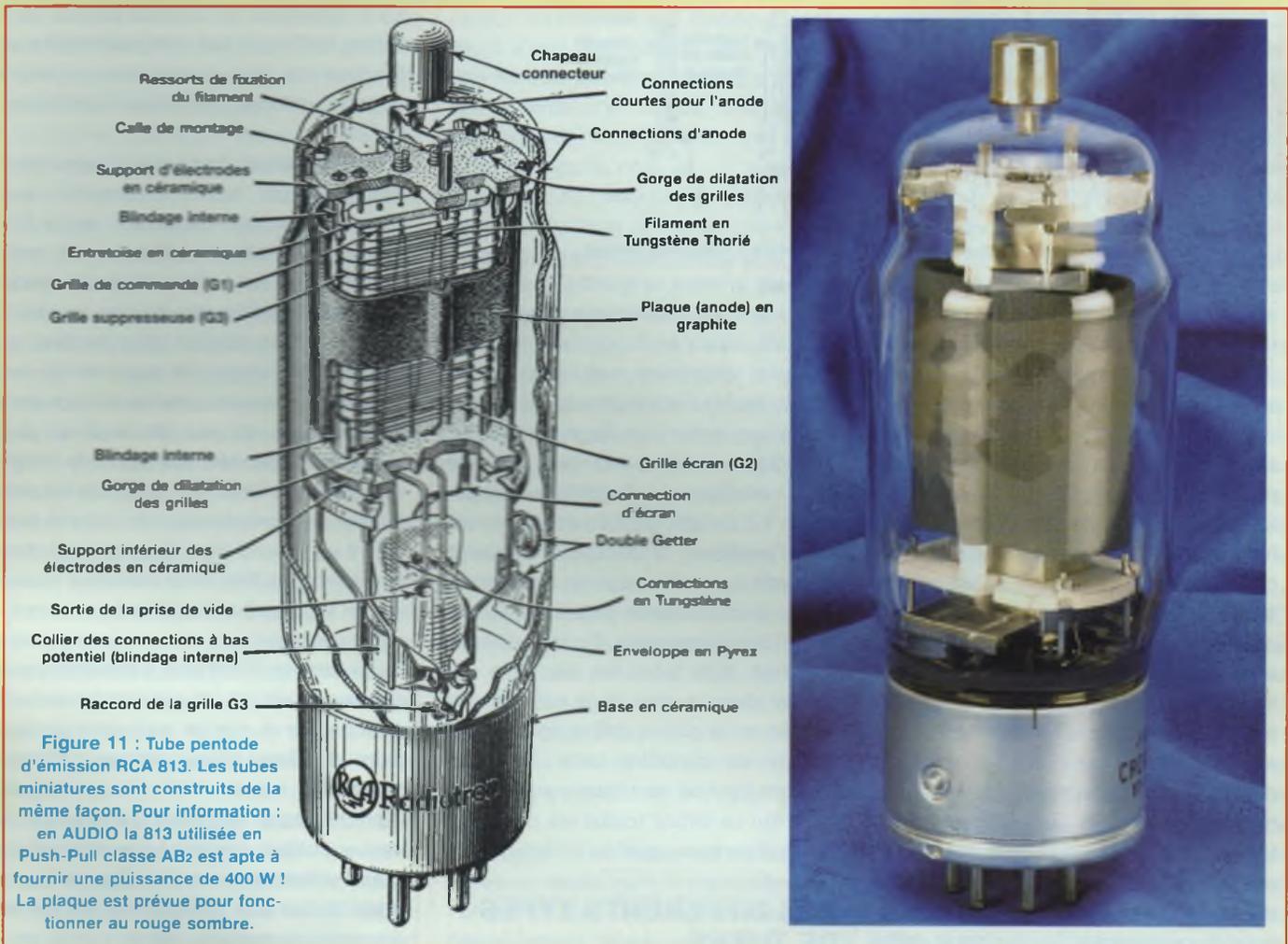
## QU'EST CE QU'UN TUBE ÉLECTRONIQUE ET COMMENT ÇA MARCHE ?

Un tube, je suppose que vous en avez tous vu et manipulé.

Vu de l'extérieur c'est une enveloppe en verre (ou en métal).

Elle est terminée par des broches de connexions enfichables sur un support, figure 11. Des supports, il y en a de plusieurs sortes en fonction du nombre de broches sortant du culot du tube et auxquelles sont connectées intérieurement les électrodes. Quand le tube fonctionne il chauffe, et bien que certaines publicités insistent sur le rougeoiement du tube, il faut préciser ici que ce n'est pas le filament qui est le principal responsable de la température dégagée par un tube, mais le courant qui le traverse et qui chauffe l'anode. Certains tubes sont

# COMMENT ÇA FONCTIONNE ?

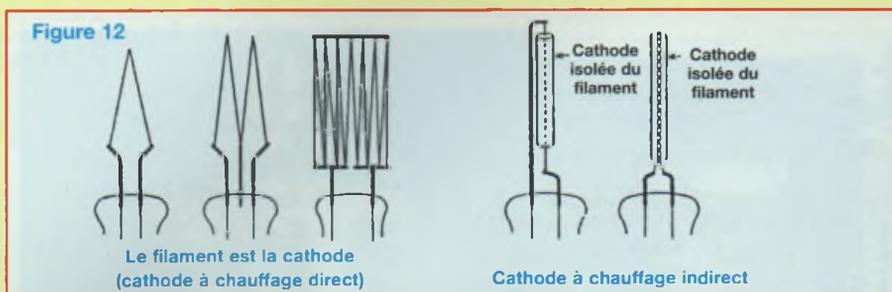


**Figure 11 : Tube pentode d'émission RCA 813. Les tubes miniatures sont construits de la même façon. Pour information : en AUDIO la 813 utilisée en Push-Pull classe AB<sub>2</sub> est apte à fournir une puissance de 400 W ! La plaque est prévue pour fonctionner au rouge sombre.**

d'ailleurs prévus pour travailler avec de très hautes températures d'anodes, c'est le cas de beaucoup de tubes de puissance et de tous les tubes d'émission. La triode 845 utilisée aujourd'hui en audio par certains amateurs et bien en dessous de ses possibilités de dissipation est prévue pour fonctionner avec son anode en graphite, portée au «rouge sombre» ! Ceci précisé, il faut bien admettre que le courant consommé pour chauffer la cathode du tube par l'intermédiaire du filament l'est en pure perte et qu'on se passerait bien de ce dégagement de chaleur purement gratuit. C'est l'un des inconvénients qui a fait abandonner l'utilisation des tubes dans la majorité des cas. Il faut savoir qu'un ordinateur à tubes ou un central télépho-

nique utilisait, dans les années 60, plusieurs dizaines de milliers de tubes. La chaleur dégagée était telle qu'une panne dans le système de climatisation mettait hors service toute l'installation en moins de 30 secondes ! IBM et la NASA en savent quelque chose ! Je vois ici bondir les jeunes générations : des ordinateurs à tubes ? Eh oui ! Il faut que vous sachiez que tous les circuits complexes que nous utilisons aujourd'hui ont été mis au point et fonctionnaient parfaitement dès la fin de la deuxième guerre mondiale, y compris l'échantillonnage, la numérisation des signaux, les convertisseurs analogiques/ numériques etc... La technologie d'aujourd'hui est un simple transfert de circuits et de principes appliqués aux semi conducteurs et miniaturisés à l'extrême, mais ceci est une autre

histoire. Revenons aux tubes et à leur «chauffage». Cet inconvénient majeur pour beaucoup d'applications est un atout fantastique pour la reproduction du son. En effet, par essence même, un tube est insensible aux variations de température contrairement à son petit frère à semiconducteur qui voit ses caractéristiques changer au rythme des variations de sa température, et pire, sa température varier au rythme du signal qu'il doit amplifier (d'où la tentative de faire fonctionner un push-pull à transistors en classe A, afin que sa température soit maximale). Le tube, lui, garde une température constante, la sienne. Une fois que ses points de fonctionnement ont été fixés, il ne bouge plus (hors de son vieillisse-



ment inéluctable, dû à l'épuisement émissif d'électrons de la cathode, qui ne se produira qu'au bout de plusieurs milliers d'heures). Les circuits associés au tube n'ont qu'à traiter le signal sans se préoccuper des variations de la température, ils seront donc relativement simples et réduits au minimum. Autre point à signaler. Contrairement aux circuits à semi-conducteurs qui demandent un temps relativement long pour se stabiliser en température, les tubes eux sont opérationnels dès que la cathode chauffée par le filament a atteint sa température optimale, soit environ 60 secondes après l'allumage. Il ne faut pas oublier qu'un tube n'est qu'un assemblage mécanique. S'il est bien construit ses dimensions géométriques resteront identiques qu'elle que soit la température, c'est pour cette raison qu'il est inutile de laisser sous tension un appareil à tubes non utilisé, malgré les affirmations de certains marchands dont le chiffre d'affaire est directement proportionnel au nombre de tubes vendus ! Car contrairement à un transistor, dès qu'un tube débite, il s'use, lentement mais sûrement ! A l'intérieur de l'enveloppe que va-t-on trouver ?

Tout d'abord un vide d'air le plus parfait possible. Les techniques du vide sont parfaitement maîtrisées depuis les années 40. Ensuite, effet Edison oblige, un filament de chauffage qui va servir de cathode émissive d'électrons dans le cas d'un tube à chauffage direct, c'est le cas des tubes anciens dont certains comme la 300B ou la 2A3 encore utilisés aujourd'hui, ou des tubes d'émission à filament en Thungstène Torié (nous verrons cela plus tard). Certains tubes miniatures destinés aux postes «batterie» à la mode

dans les années cinquante et alimentés sous 1,5 V sont aussi à chauffage direct. Dans 99 cas sur cent les tubes modernes que nous utilisons en audio sont à chauffage indirect, c'est-à-dire qu'un filament qui ne sert qu'au chauffage, chauffe une cathode en nickel, recouverte de terres rares à haut pouvoir émissif en électrons, **figure 12**. En avançant du centre du tube vers l'extérieur, on trouvera concentriquement à la cathode, une ou plusieurs grilles de commande puis enfin l'anode qui entoure l'ensemble. On peut dire qu'à l'intérieur d'un tube, les électrons vont circuler dans le vide de la cathode vers l'anode et là où les grilles vont avoir le pouvoir de contrôler cette circulation. C'est ce pouvoir de contrôle sur les électrons qui va définir toutes les caractéristiques d'un tube, quel qu'il soit.

### DES DIFFÉRENTS TYPES DE TUBES

Il existe des milliers de tubes électroniques et des milliers de références. Or, tout tube électronique est capable d'assurer trois fonctions de base (à l'exception de la diode qui n'assure que la fonction de redressement).

Ces trois fonctions sont : le redressement, l'amplification, l'oscillation.

Dans notre étude nous nous cantonnerons aux deux premiers cas, notre but étant d'initier nos lecteurs à l'utilisation des tubes en vue des applications audio. Les oscillateurs sortent du cadre de cette étude, notre but en audio étant plutôt d'éviter les oscillations parasites que d'en créer !

Ce qu'il est important de savoir c'est que contrairement aux semiconducteurs qui

sont référencés en fonction de leur utilisation, les tubes eux, sont référencés en fonction de leur constitution physique (diodes, triodes, tétrodes, pentodes, etc...).

Ne vous étonnez donc pas si vous trouvez certains tubes référencés par exemple comme «oscillateur haute fréquence» utilisés en BF comme préamplificateur avec d'excellents résultats. La raison en est la suivante : les constructeurs de tubes créaient leurs modèles en fonction des exigences particulières des utilisateurs. Pour un tube haute fréquence par exemple, ce qui importait le plus c'était les capacités internes et le temps de transit des électrons, alors que les problèmes de microphonie et de linéarité passaient au second plan. Dans un tube destiné à la basse fréquence c'est tout l'inverse, on va chercher à réduire la microphonie à son maximum et avoir une linéarité quasi parfaite. C'est pour cette raison que certains tubes ont été créés spécialement pour l'audio et que ce sont presque toujours les mêmes références que vous trouvez sur la quasi totalité des montages. Rien ne vous empêche de prendre le risque d'utiliser certains tubes non prévus pour l'utilisation en audio ; il vous faudra dans ce cas être parfaitement équipé en appareils de mesures, car un tri rigoureux sera dans neuf cas sur dix absolument nécessaire. Un exemple parmi d'autres, le tube 6DJ8/ECC88 et son équivalent industriel 6922 qui est utilisé dans la presque totalité des amplis et préamplis Audio Research. Ce tube prévu à l'origine pour l'utilisation en UHF (ultra haute fréquence) en télévision donne des résultats époustouffants en BF au prix d'un tri drastique, 50 % (oui vous avez bien lu) de ces tubes sont inutilisables en BF car terriblement microphoniques. Si vous vous attaquez à un montage avec ce type de tubes, il va falloir vous résoudre à en jeter 50 % à la poubelle. Mais avec ceux qui restent c'est le nirvana !

On rencontre le même problème avec les triodes de puissance prévues pour les alimentations stabilisées qui sont à la mode

# COMMENT ÇA FONCTIONNE ?

sur les amplis dits «OTL» en bon français «SANS TRANSFORMATEUR DE SORTIE». Ces tubes au demeurant remarquables (6C33, 6080, 6336) car ayant une résistance interne très faible (nous verrons cela plus tard) présentent malheureusement des dispersions de caractéristiques énormes ; leur débit peut passer allègrement du simple au double au même point de fonctionnement.

Dans une alimentation stabilisée cela n'a pas la moindre importance, car justement on ajuste le point de fonctionnement en fonction de la tension que l'on veut obtenir. Mais équilibrer un circuit en BF avec ces types de tubes est extrêmement complexe.

Ici aussi un tri drastique est nécessaire, et fort coûteux !

Mais revenons aux différents types de tubes, nous ne parlerons pas des cellules photo-électriques, des tubes à gaz, ni des tubes à cathode froide (eh oui cela existe !), ni des Ignitrons, Phantastrons et autres Klystrons, tout ceci nous emmènerait trop loin et ne présente qu'un faible intérêt pour l'amateur ou le professionnel passionné par l'audio. Ce qu'il faut cependant savoir c'est que dans tous les tubes à vide que nous utiliserons, vous trouverez une «**CATHODE**» qui sera chauffée indirectement par un filament (chauffage indirect) ou portée à incandescence (chauffage direct), afin d'éjecter les électrons qui seront attirés par l'électrode collectrice principale nommée «**ANODE**».

On appelle aussi cette électrode : «**LA PLAQUE**» réminiscence des premiers tubes dont l'Audion de De Forest où les électrodes étaient planes et alignées sur le même plan et non pas concentriques comme les tubes modernes.

Dans cette disposition simple c'est un tube à deux électrodes appelé «**DIODE**» et sur lequel nous nous sommes déjà étendus longuement et sur lequel nous reviendrons, car de la compréhension de son fonctionnement réel dépend la compréhension de «**TOUTE**» l'électronique à tubes.

Lorsqu'on introduit une troisième électrode, il s'agit d'une triode, une quatrième une tétrade, une cinquième une pentode, une sixième une hexode, une septième une heptode, une huitième une octode. Stop ! Arrêtons nous là, en audio vous n'utiliserez au mieux que la pentode (cinq électrodes). Dans la TSF de grand-mère, vous trouverez hexode, heptode et parfois octode mais là on a quitté la basse fréquence et c'est une autre histoire !

Ce qu'il vous faut savoir c'est que le symbole international utilisé pour le cathode est «**K**», pour l'anode «**A**» et pour les autres électrodes qui sont des grilles (pas toujours mais on les appelle grille tout de même), elles sont numérotées en partant de la cathode : **G1, G2, G3**, etc...

Lorsque le tube est à chauffage indirect le filament est repéré «**F**», dans un tube à chauffage direct, le filament et la cathode étant confondus il est repéré «**K**».

Sur tous les schémas, dans le cas de tubes à chauffage indirect (dans la majorité des cas), on omet souvent les filaments, car hors sa fonction de chauffage il n'intervient pas dans les traitements du signal.

Les deux principales utilisations des tubes en audio sont le redressement et l'amplification. Le redressement est généralement dévolu aux diodes, mais une triode ou tout autre type de tube peut être utilisé comme redresseur, c'est-à-dire transformer un courant alternatif tel qu'il est fourni par exemple par le secteur à votre amplificateur, en courant continu. Ce terme est impropre car à la sortie du redresseur le courant est pulsé. Les anglo saxons utilisent le terme «Direct Current» ou «d.c.» c'est-à-dire courant allant dans le même sens, ce qui est plus proche de la réalité.

Cette tension redressée peut prendre la valeur d'une fraction de volt (cas de la diode de détection dans un poste de radio, ou du détecteur dans un expansor ou compresseur de dynamique en audio) jusqu'à plusieurs milliers de volts (cas de la valve d'un amplificateur 250 à 1 000 volts, diode très haute tension d'un

oscilloscope 3 000 à 8000 volts ou d'un téléviseur 15 000 à 50 000 volts). Tout va dépendre de la constitution physique de la valve ou diode de redressement.

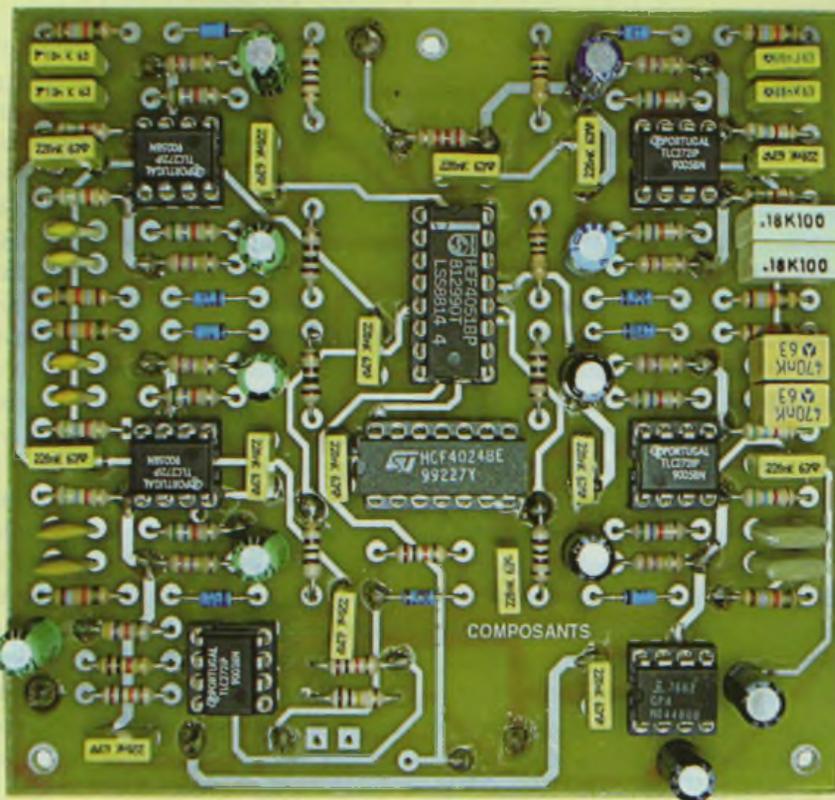
La seconde fonction la plus importante des tubes électroniques en audio est l'amplification (seule la diode ne peut pas amplifier). C'est-à-dire qu'un signal d'une fraction de volt en entrée (sur la grille) peut prendre à la sortie du tube une valeur de plusieurs dizaines de fois celui d'entrée.

Stop ! Arrêtons nous un instant car ceci est fondamental : «**un tube électronique amplificateur**» est toujours commandé par une tension et n'emprunte aucune énergie à la source (sauf cas particuliers que nous étudierons plus tard). Pour les lecteurs habitués aux transistors, ceci est très perturbant. Il vous faut oublier la notion de gain en courant, vous pouvez à la rigueur comparer un tube à un FET (avec circonspection) mais en aucun cas à un transistor. La meilleure solution est d'oublier complètement les semiconducteurs lorsque vous raisonnerez «tube». Je sais que cela n'est pas facile. Si vous nous suivez dans cette étude vous comprendrez vite que l'électronique à tube met en œuvre des principes totalement différents de l'électronique à semi conducteurs, hors les lois de base des circuits électriques élémentaires. Mais ne brûlons pas les étapes, pour l'instant dites vous qu'un tube électronique amplificateur fonctionne comme une sorte de loupe qui grossirait le signal sans l'altérer (du moins en principe).

Dans le prochain numéro nous aborderons ensemble l'étude complète de l'émission thermoionique et le tube le plus élémentaire de tous : la diode. Je sens que vous piaffez d'impatience, mais sachez que si vous assimilez correctement le fonctionnement de la diode, vous pourrez sans complexes aborder la triode et les tubes multi électrodes sans faire de grossières erreurs car tout n'est pas simple dans l'existence de l'électron voyageur.

**A bientôt...**  
**Rinaldo Bassi**

## RÉALISATION D'UN ANALYSEUR SPECTRAL AUDIO 2x8 VOIES PILOTÉ PAR LE KIT SX28



**L'analyseur spectral est le complément idéal de l'égaliseur graphique. Il 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 30 bandes sur un matériel professionnel.**

L'affichage d'un analyseur spectral se présente sous la forme de 8 à 30 colonnes de fréquences par canal. La hauteur de chaque colonne est à l'image du niveau sonore mesuré dans cette bande. Ce procédé implique de faire appel à autant de filtres de type passe-bande que de colonnes affichées. Le coût final de cet appareil de mesure dépend essentiellement du nombre de bandes de fréquences

utilisées, avec une progression exponentielle. En effet, l'augmentation du nombre de fréquences requiert non seulement des composants dont les tolérances sont de plus en plus serrées, mais également des structures de filtrage plus complexes.

### NORMALISATION DES FRÉQUENCES

La réponse spectrale d'un signal audio

est composée d'une quasi infinité de fréquences dont le niveau est variable. En pratique, pour simplifier les procédures de mesures et permettre la comparaison directe des résultats obtenus sur différents bancs de test, on utilise des fréquences normalisées.

Le domaine des fréquences audio, qui s'étend de 20Hz à 20KHz, a été divisé en bandes d'octaves ou de tiers d'octaves (figure 1).

La fréquence charnière de 1 kHz constitue une référence à partir de laquelle les autres fréquences sont définies à intervalles réguliers.

### PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE L'ANALYSEUR 2x8 VOIES

Notre analyseur va exploiter judicieusement le module LCD graphique de 128x64 pixels présenté dans le précédent numéro de LED. L'organisation matérielle de l'analyseur est indiquée en figure 2. Pour cette application, l'affichage est divisé en 16 colonnes de 64 niveaux. Un circuit imprimé (à réaliser en deux exemplaires) recevra l'électronique de 8 filtres et un multiplexeur de sortie. Le kit SX28 assure principalement 3 fonctions :

- \* la sélection séquentielle des sorties de chaque filtre (16 voies au total),
- \* l'acquisition numérique du niveau de sortie, à partir du convertisseur installé sur le kit,
- \* l'affichage sur le module graphique de la colonne correspondante.

La limitation à 8 voies des fréquences de l'analyseur provient de la solution adoptée pour le multiplexage de sortie, simple et économique.

Cependant, les structures proposées permettent d'envisager une évolution vers un analyseur 16 voies sans modifier le programme du SX28. Il suffirait simplement de changer les valeurs des composants de chaque filtre.

Figure 1

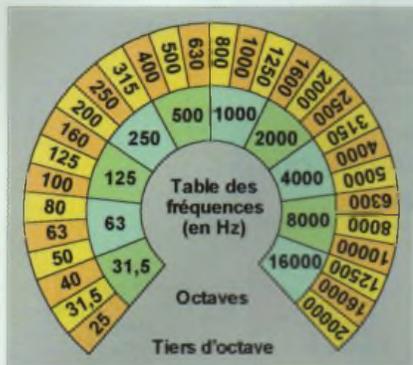


Figure 2

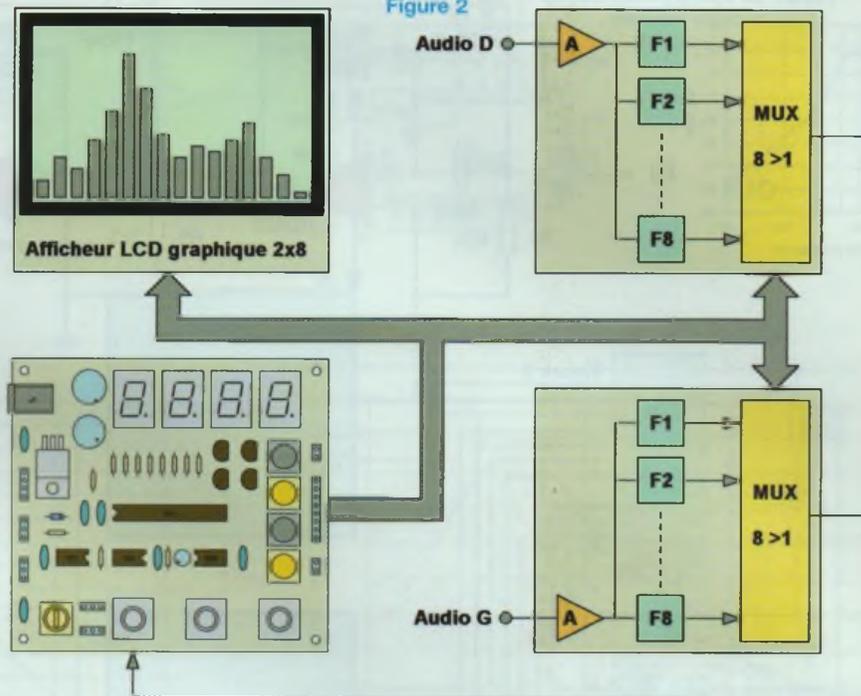


Figure 3a : filtre à une seule cellule

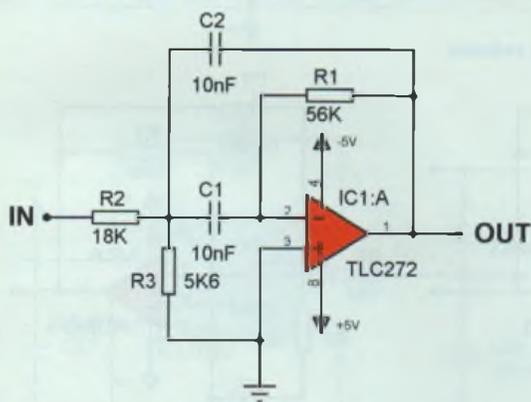
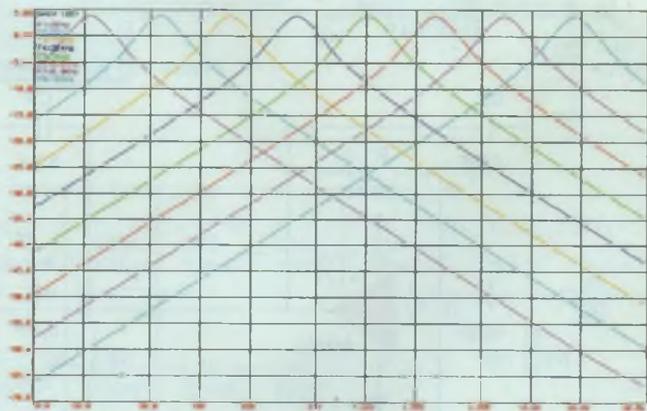


Figure 4



## CRITÈRES DE CHOIX DU FILTRE PASSE-BANDE

Dans le cas idéal, un filtre est un dispositif qui est transparent pour les fréquences situées dans sa bande passante, et opaque à toutes les autres : c'est donc une fenêtre dans le domaine fréquentiel. Dans la réalité, un filtre analogique laisse toujours passer des composantes exté-

rieures à sa bande passante, ce qui conduit les concepteurs à utiliser des structures complexes assez délicates à mettre en œuvre dès qu'il s'agit d'augmenter la sélectivité. Avec 8 voies, le filtre classique présenté en **figure 3a** convient parfaitement et donne de très bons résultats. Le faible coefficient de qualité nécessaire permet d'utiliser des résistances et des condensateurs dans la série standard E12 (tolérance à 5 %

pour les résistances, 10 % pour les condensateurs). L'illustration de la **figure 4** présente la juxtaposition des réponses de 8 filtres identiques, dont le seul paramètre qui a été modifié est la valeur des condensateurs. Le niveau de croisement des filtres est fixé à -6 dB du maximum. Les 8 fréquences théoriques choisies pour cette réalisation sont les suivantes : **22 Hz - 57 Hz - 148 Hz - 384 Hz - 1 kHz - 2,6 kHz - 6,8 kHz - 18 kHz**

# ANALYSEUR SPECTRAL AUDIO 2x8 VOIES

Figure 3b : filtre passe bande à deux cellules

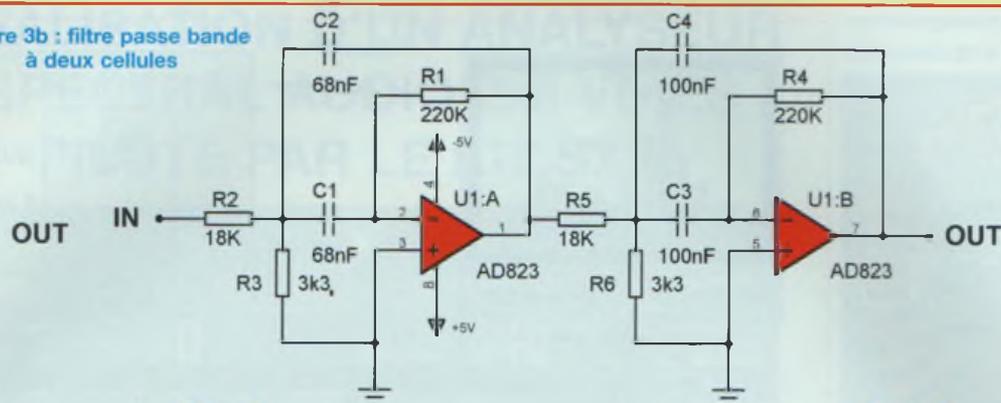


Figure 5

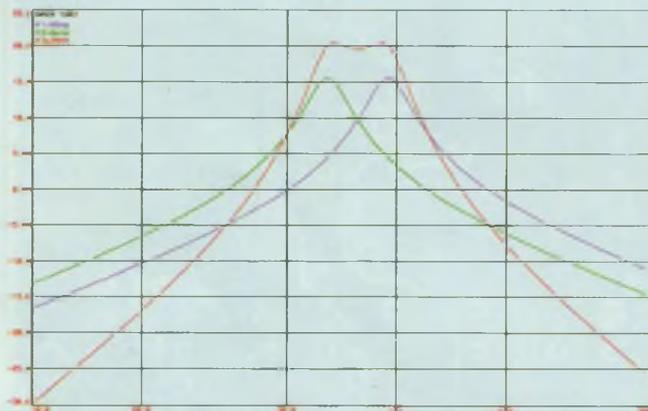


Figure 6

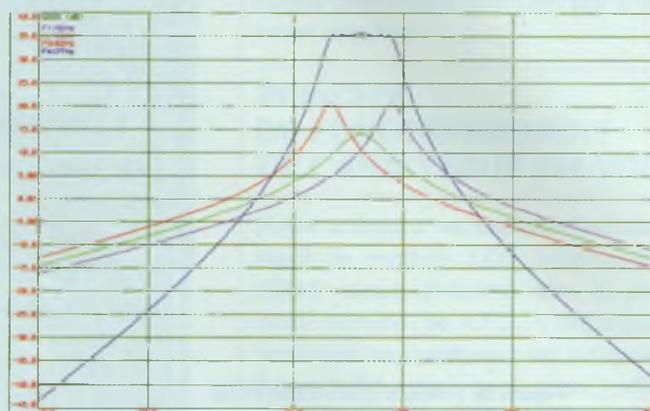
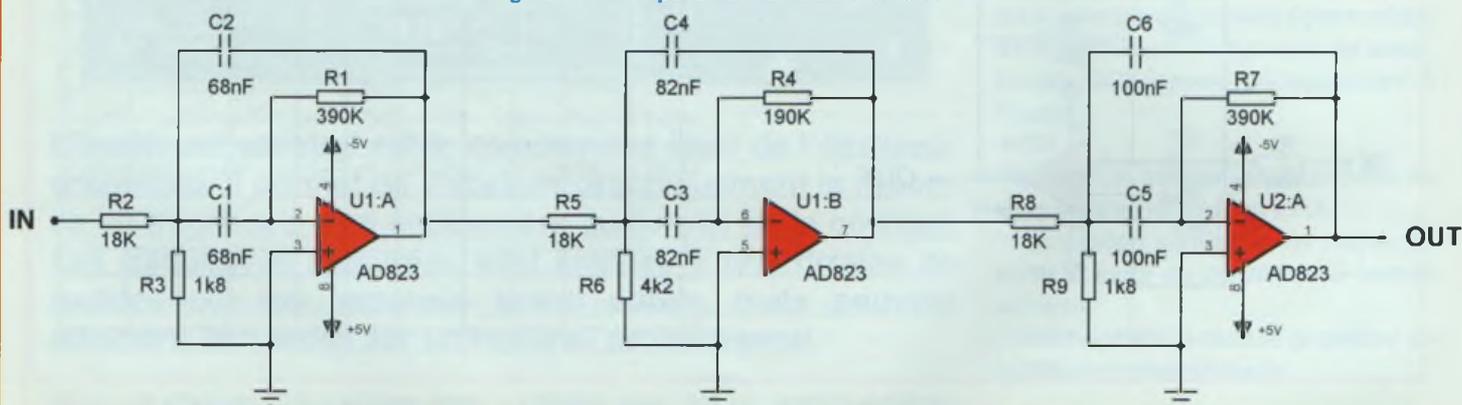


Figure 3c : filtre passe bande à trois cellules



Une variante utilisant deux filtres placés en série est proposée en **figure 3b**. Elle permet d'obtenir une meilleure sélectivité moyennant une légère ondulation dans la bande passante.

L'illustration de la **figure 5** indique la réponse individuelle des filtres et la réponse résultante. Cette solution est un bon compromis entre complexité, efficacité et coût de réalisation. Avec des

résistances à 1 % et des condensateurs à 5 %, ces filtres ne devraient pas exiger de mise au point. C'est donc une solution qui convient particulièrement bien pour un analyseur à 16 ou 20 voies, si toutefois on choisit des amplificateurs plus rapides pour les fréquences élevées (AD823).

En effet, le coefficient de qualité des filtres est plus élevé et requiert un produit

[gain-bande] supérieur. Enfin, la mise en série de 3 filtres passe-bandes dont l'efficacité est redoutable (**figure 3c** et **figure 6**), est à réserver à des besoins quasi-professionnels (jusqu'à 30 voies) !

Les coefficients de qualités mis en jeu et l'influence mutuelle de chacun des filtres rendent les réglages particulièrement délicats. En plus, la juxtaposition de nombreux filtres fait intervenir des

# MICROCONTRÔLEUR SX28

Figure 7 : organisation interne du passe bande MAX267 / 268

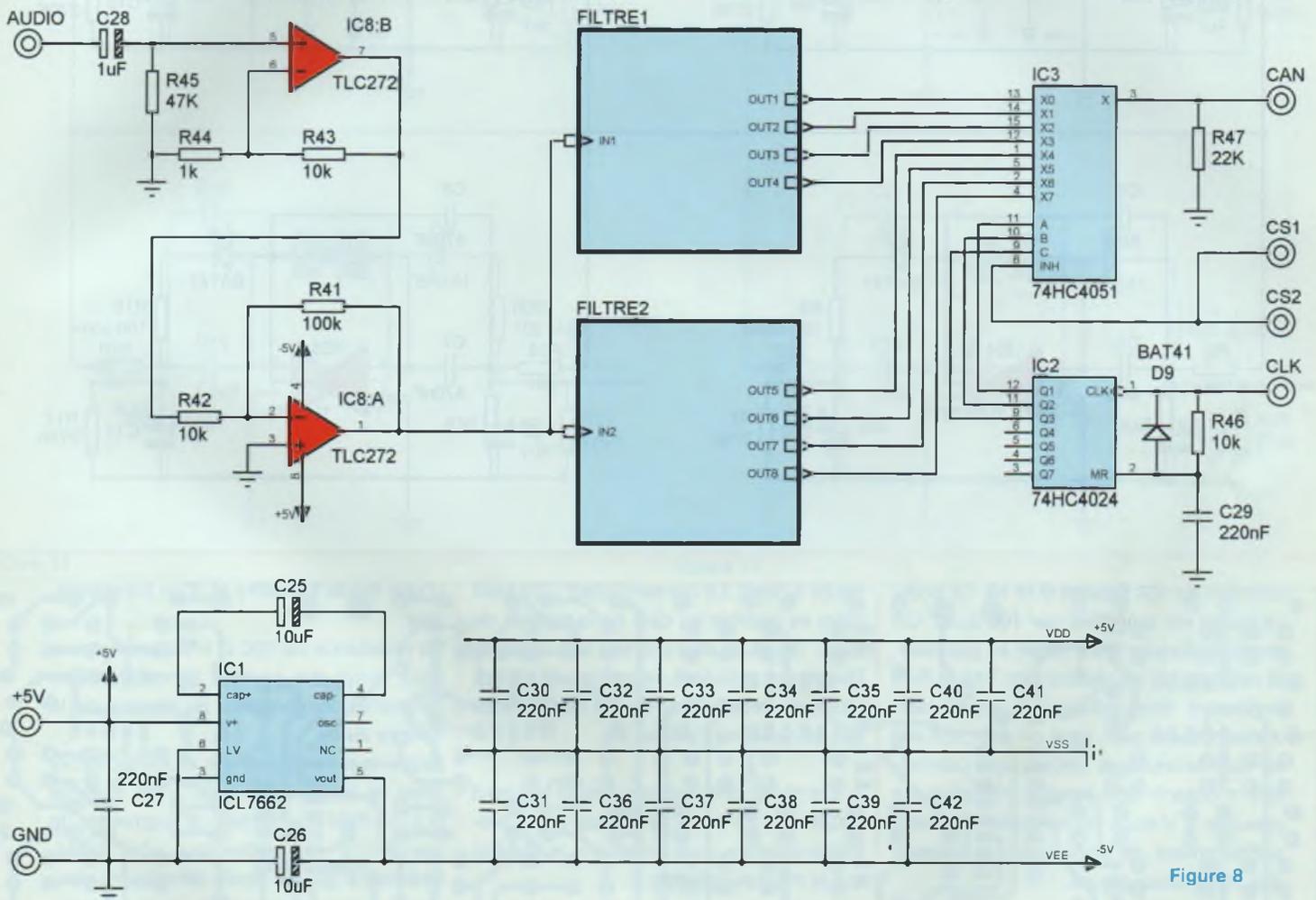
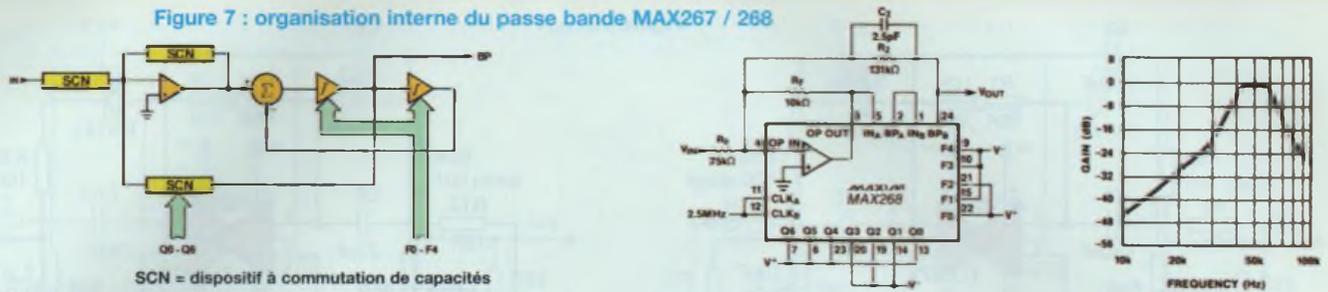


Figure 8

valeurs qui ne sont pas du tout normalisées, et il faut faire appel à des associations de condensateurs de précision montés en parallèle (gulp !). Il existe d'ailleurs d'autres techniques qui permettent de faire radicalement plus simple : les filtres intégrés à capacités commutées. Ce sont des filtres passe-bas ou passe-bande dont la fréquence de coupure est déterminée par une hor-

loge externe. Citons par exemple le **MAX268** qui contient deux filtres passe-bandes du 2<sup>ème</sup> ordre, programmables. Le schéma d'application proposé en **figure 7** utilise les deux filtres du MAX268 montés en cascade, afin d'obtenir un filtre passe-bande du 4<sup>ème</sup> ordre. Il s'agit d'un filtre de type **Chebyshev** à double contre-réaction, centré sur 50 kHz. Cependant, le coût et la disponibilité de ce type de

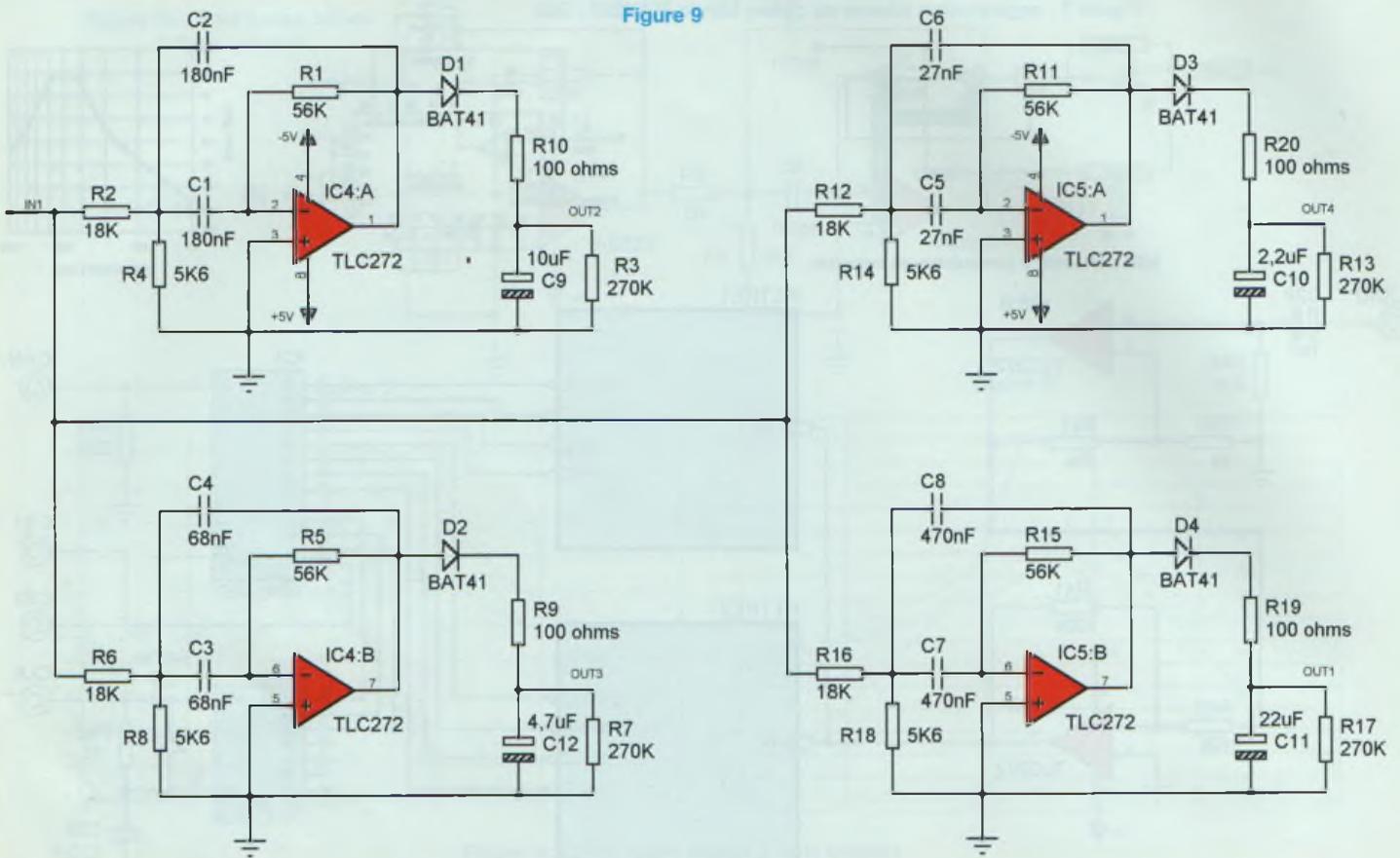
circuit intégré dans le domaine grand-public sont assez décourageants...

## SCHÉMA D'UN MODULE DE FILTRAGE À 8 VOIES

Pour limiter la densité du schéma structurel, une vue d'ensemble du module est proposée en **figure 8**. Les filtres ont été scindés en deux blocs de 4 cellules

# ANALYSEUR SPECTRAL AUDIO 2x8 VOIES

Figure 9



dévoilés sur les figures 9 et 10. La source audio est amplifiée par 100 avec IC8 avant d'attaquer les 8 filtres en parallèle. Si nécessaire, les résistances R42 et R44 pourraient être réduites de moitié afin d'atteindre un gain total de 400. IC1 est un convertisseur à découpage permettant d'obtenir une tension négative de presque 5 V sous 20 mA, afin d'obtenir suffisamment de dynamique au niveau des filtres analogiques.

La logique de multiplexage utilise une seule horloge CLK, qui assure alternativement l'initialisation et l'incrémentement du compteur IC2. Le principe de fonctionnement de cet étage est assez simple. Précisons que la constante de temps du réseau [R46-C29] est de l'ordre de 2 ms.

1. On envoie préalablement une impulsion d'horloge de durée suffisante (supé-

rieure à 5ms). Le condensateur C29 peut alors se charger au delà de la tension de seuil de IC2 et l'entrée MR (Master Reset) est activée. Les sorties du compteur sont initialisées à 0 et le multiplexeur IC3 sélectionne l'entrée X0.

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

3. On envoie ensuite une série de 15 impulsions inférieures à 1 ms afin d'incrémenter le compteur et de sélectionner successivement les autres entrées de IC3. A chaque impulsion, une nouvelle conversion est réalisée et la colonne suivante est affichée.

Les sorties des filtres sont dirigées vers un détecteur de crête réalisé autour

d'une diode Schottky et d'un condensateur.

La résistance de 100 Ω n'est prévue que pour éviter des pointes de courant lors de transitions brutales au niveau de la source audio.

Enfin, la présence d'une diode Schottky dont la tension de seuil n'est que de 0,3 V (BAT41) permet d'augmenter la sensibilité du détecteur de crête. Précisons qu'une diode au silicium classique présente un seuil de 0,6V environ.

## RÉALISATION PRATIQUE

Le circuit étant imprimé sur un support double-face, le tracé des pistes de la face inférieure est indiqué en figure 11 et le tracé des pistes de la face supérieure est indiqué en figure 12.

Le plan d'implantation des composants de la figure 13 montre une bonne densité

# MICROCONTRÔLEUR SX28

Figure 10

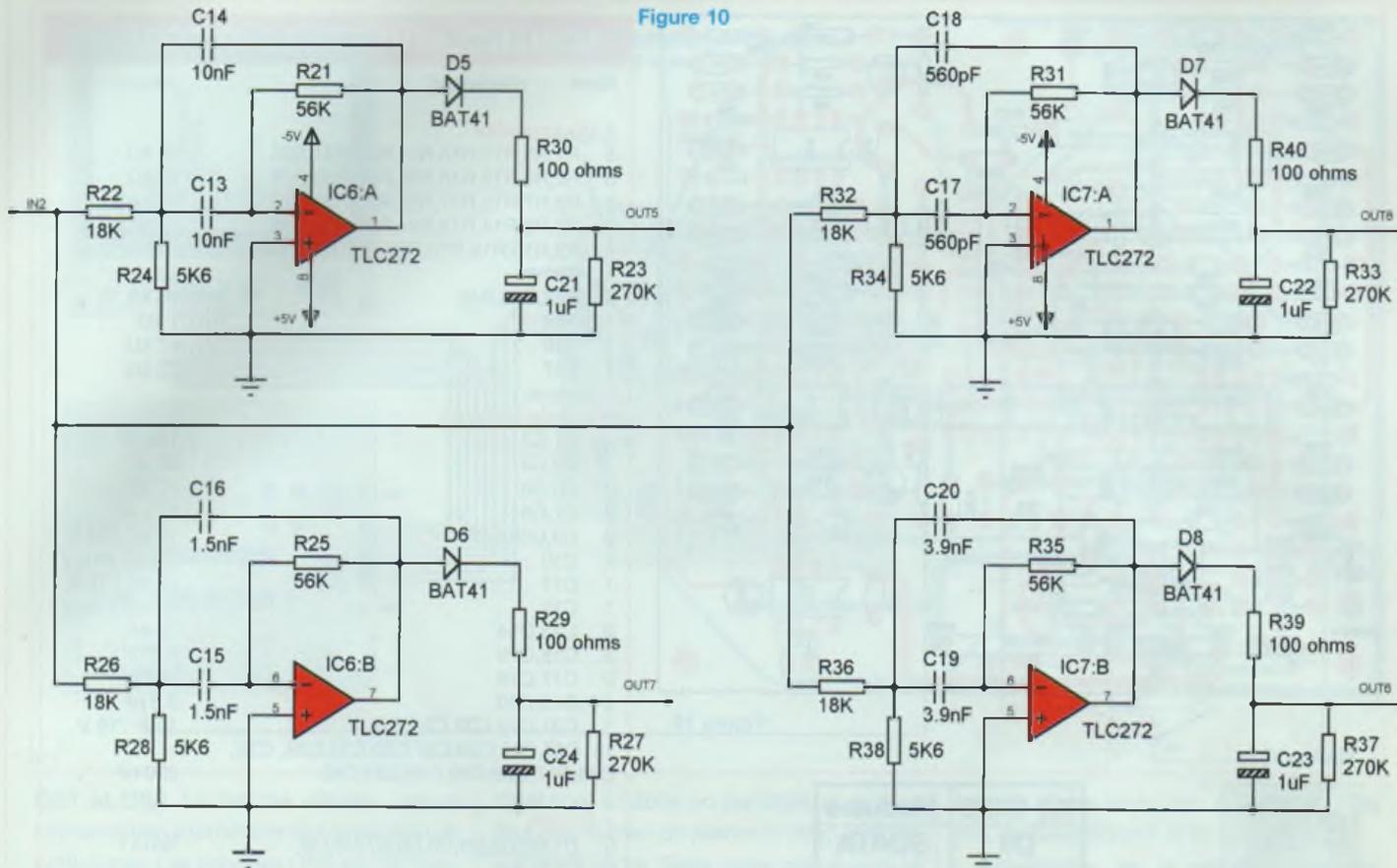


Figure 11

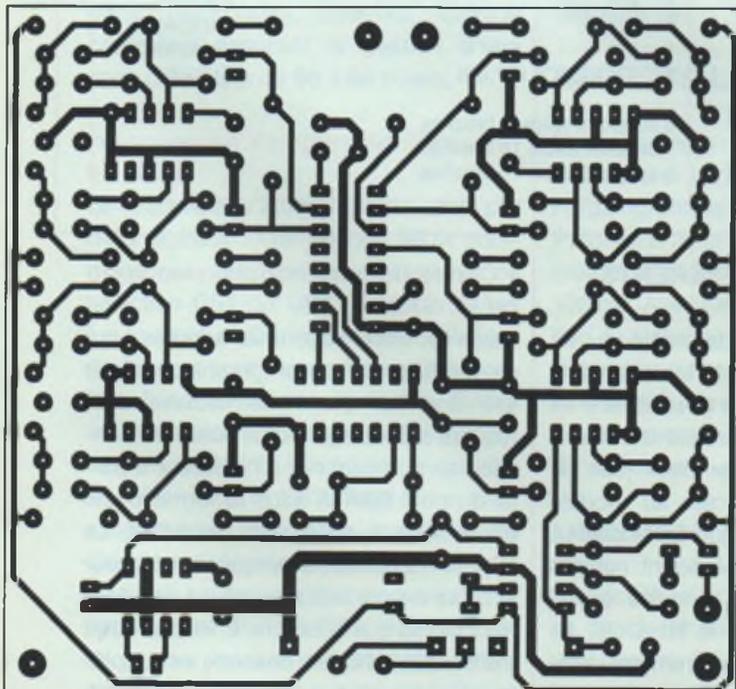
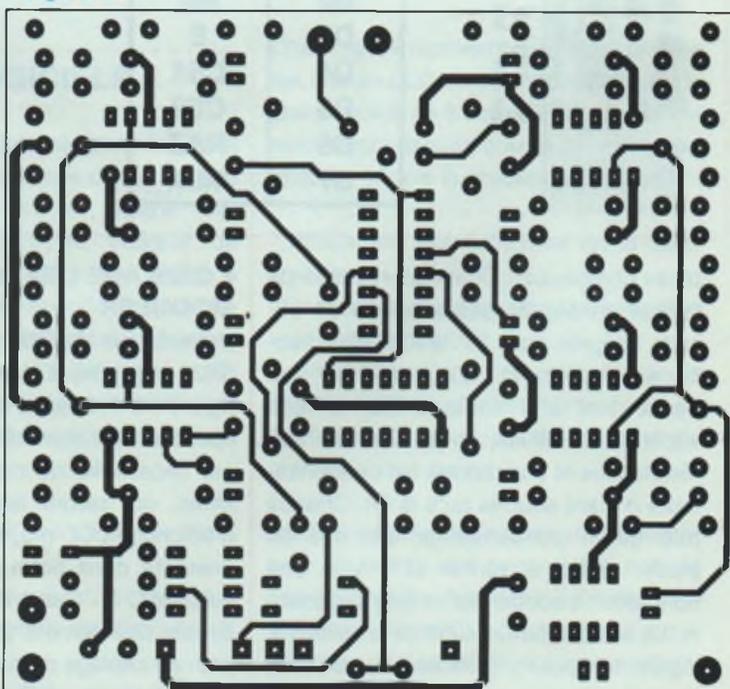


Figure 12



# ANALYSEUR SPECTRAL AUDIO 2x8 VOIES

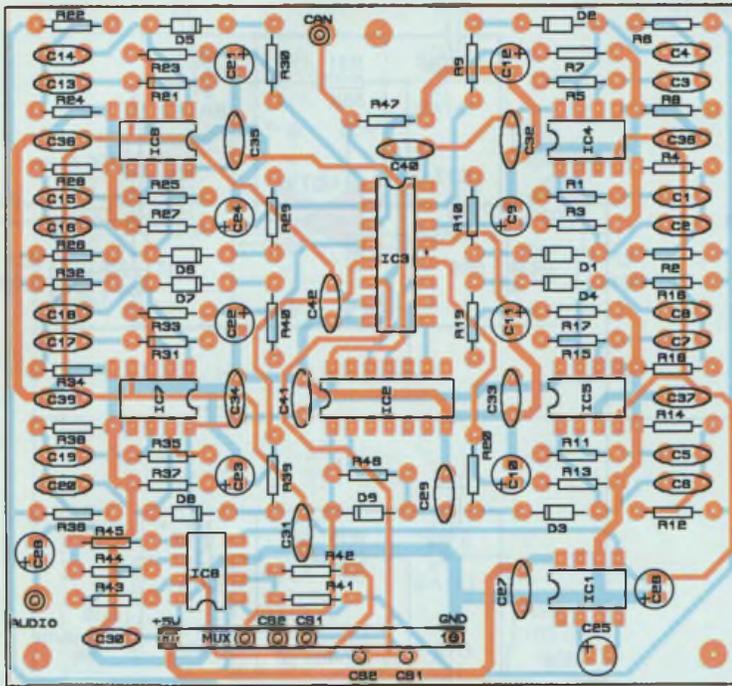
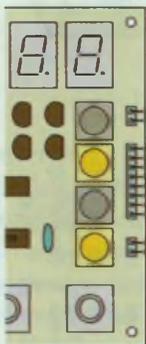


Figure 13

Figure 14



Kit SX28	Modules
D0	SDATA
D1	SCLK
D2	RS
D3	E
D4	CS1
D5	CS2
D6	RAZ
D7	MUX

té de composants. Il est souhaitable de souder en priorité des supports de circuits intégrés pour IC1 à IC8, afin d'accéder facilement aux broches qui demandent une soudure sur la face supérieure. Ensuite, on peut passer aux résistances et aux diodes, les condensateurs n'étant soudés qu'à la fin. Chaque fois qu'un condensateur est mis en place, veillez à vérifier si il y a une connexion à souder sur la face supérieure. Le cas échéant, il suffit de le surélever légèrement pour y accéder avant de souder la face inférieure.

## • CÂBLAGE DES DIFFÉRENTS MODULES

L'affectation des bits de sortie du kit SX28 est indiqué dans le tableau de la figure 14. Précisons que pour obtenir un spectromètre stéréophonique 8 voies, il est nécessaire de câbler deux jeux de filtres, qui seront associés au module d'affichage LCD graphique GDM12864A présenté dans notre précédent numéro (LED n°173). Ces trois modules seront pilotés directement par le kit SX28. Le plan de câblage d'un spectromètre complet est visible en figure 15.

## NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

Nbre	références	valeurs
<b>• Résistances</b>		
8	R1, R5, R11, R15, R21, R25, R31, R35 :	56 kΩ
8	R2, R6, R12, R16, R22, R26, R32, R36	18 kΩ
8	R3, R7, R13, R17, R23, R27, R33, R37	270 kΩ
8	R4, R8, R14, R18, R24, R28, R34, R38	5,6 kΩ
8	R9, R10, R19, R20, R29, R30, R39, R40	100 Ω
1	R41	100 kΩ
3	R42, R43, R46	10 kΩ
1	R44	1 kΩ
1	R45	47 kΩ
1	R47	22 kΩ
<b>• Condensateurs</b>		
2	C1, C2	180 nF
2	C3, C4	68 nF
2	C5, C6	27 nF
2	C7, C8	470 nF
3	C9, C25, C26	10 uF / 16 V
1	C10	2,2 uF / 16 V
1	C11	22 uF / 16 V
1	C12	4,7 uF / 16 V
2	C13, C14	10 nF
2	C15, C16	1,5 nF
2	C17, C18	560 pF
2	C19, C20	3,9 nF
5	C21, C22, C23, C24, C28	1 uF / 16 V
15	C27, C29, C30, C31, C32, C33, C34, C35, C36, C37, C38, C39, C40, C41, C42	220 nF
<b>• Diodes</b>		
9	D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9	BAT41
<b>• Circuits intégrés</b>		
1	IC1	ICL7662
1	IC2	74HC4024
1	IC3	74HC4051
5	IC4, IC5, IC6, IC7, IC8	TLC272
6 supports tulipe 8 broches		
1 support tulipe 14 broches		
1 support tulipe 16 broches		

## - Connexion du module graphique au kit SX28

Selon les choix structurels adoptés pour ce module, l'afficheur graphique reçoit ses données par l'intermédiaire d'un registre à décalage 8 bits. Ainsi, les données sont transmises à l'afficheur à partir du port SDATA sous la forme d'une trame série, synchronisée par SCLK. La broche RS permet d'indiquer à l'afficheur si on lui envoie une adresse ou une donnée, tandis que la broche E valide l'octet transmis. Le module possède en supplément trois entrées spécifiques, Reset,

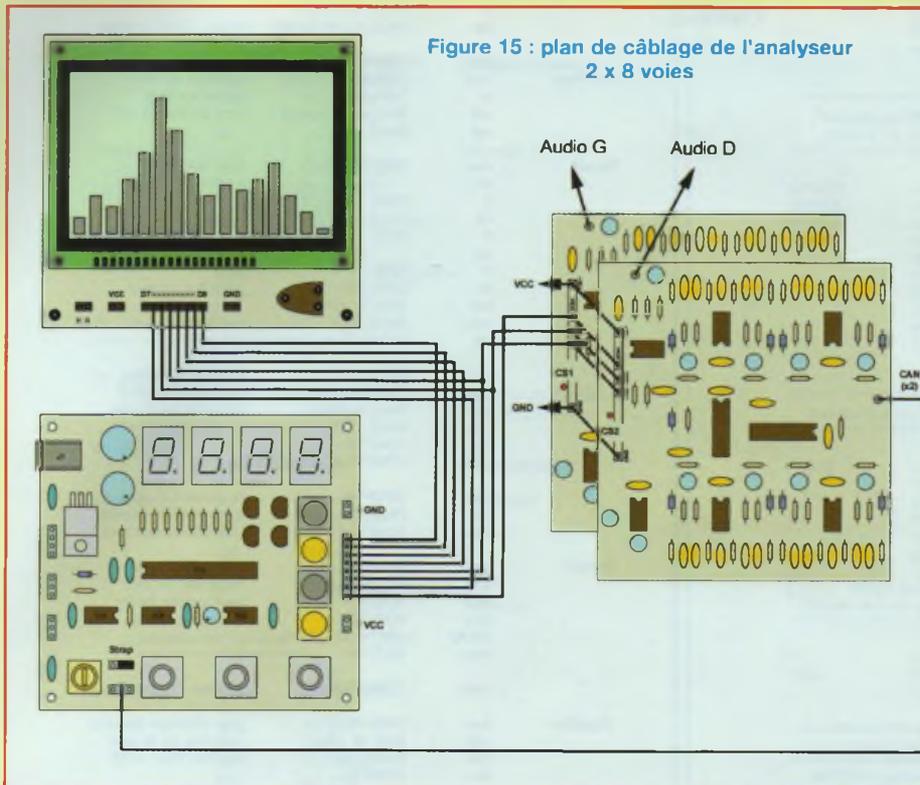
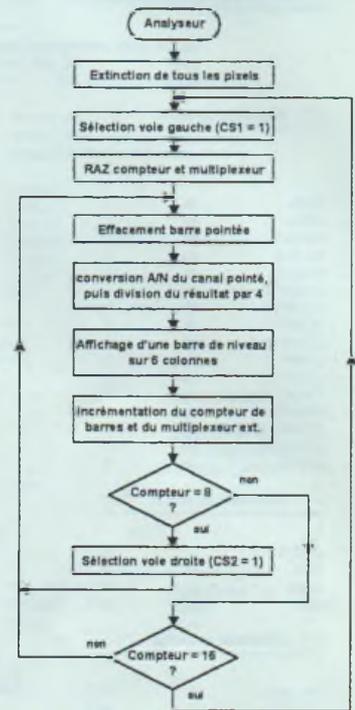


Figure 15 : plan de câblage de l'analyseur 2 x 8 voies

Figure 16 : description de la procédure de gestion de l'analyseur



**CS1 et CS2.** La broche «Reset» assure l'initialisation du module et l'extinction de l'affichage. Les broches CS1 et CS2 permettent de sélectionner séparément deux contrôleurs internes, chaque contrôleur assurant la gestion d'une zone graphique de 64 x 64 pixels.

### - Connexion des jeux de filtres au kit SX28

Le multiplexage analogique est piloté par deux signaux : une horloge **MUX** commune aux deux cartes et un signal de sélection **CS1** ou **CS2**. Les trois cartes (un module d'affichage et deux modules de filtrage) sont prévues pour être montées l'une au dessus de l'autre. Toutes les connexions communes du connecteur peuvent ainsi être reliées en parallèle, même CS1 et CS2. Par contre, pour assurer une commande indépendante des deux cartes de filtrage, il faut souder un strap sur les pastilles nommées respectivement CS1 et CS2 indiquées en rouge sur le plan de câblage. Enfin, signalons également que les deux sorties

**CAN** sont à câbler en parallèle, et qu'il ne faut pas oublier de placer le strap indiqué sur le Kit SX28. Sans cette précaution, le convertisseur ne serait pas relié à l'entrée externe.

### ASPECTS LOGICIELS

Le programme implanté dans le SX28 doit assurer les fonctions décrites dans l'organigramme de la **figure 16**. Précisons que le cycle intégral de balayage des 16 voies a été ajusté à 100 ms. Avec cette valeur, la réactualisation de l'affichage est effectué 10 fois par secondes, 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 8ms afin de sélectionner le filtre de 22 Hz.

\* initialisation de la variable logique «compteur de barres».

Une «barre» représente un voie affichée sur l'écran LCD, et sera constituée de la juxtaposition de 6 colonnes de pixels. On rentre alors dans la boucle principale qui effectue 16 fois la procédure suivante :

- \* Effacement sur l'afficheur de la barre pointée.
- \* Conversion analogique/numérique de la voie sélectionnée
- \* Affichage d'une nouvelle barre de niveau de 64 pixels maximum.
- \* Incrémenter le 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 8), soit de revenir sur le premier module (si le compteur atteint 16).

# ANALYSEUR SPECTRAL AUDIO 2x8 VOIES

Figure 17

```

*****
*** 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       clr    SCK ;SCK=0
mov      M,#$0D
mov      lra,#%0001 ;SDATA = TTL
mov      M,#$0F
mov      lra,#%0001 ;SDATA input
mov      lrb,#%00000000
mov      rb,#%00110000 ;reset LCD
call     @tempo_1µs
mov      rb,#%01110000 ;Stand-by!
call     @wait_LCD

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

LCD1     call    @Lcd_init

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
rr      PAGELCD ;par 8 (recherche

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

CodeSuiv  mov     COMPT3,#1 ;initialiser compteur
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,CodeSuiv

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

CodeSuiv  mov     COMPT3,#1 ;initialiser compteur

CodeSuiv  mov     DATA,MOTIF ;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,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 ***
*****

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

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

Clearbarre clr    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

```

# MICROCONTRÔLEUR SX28

```

        ri      DATA
        clic
        ri      DATA
        or      DATA,#%01000000 ;sélection adresse Y
        call   @lcd_wr_command
        call   @wait_LCD

Eface    clr      COMPT2
        mov    DATA,#0 ;affichage "0"
        call   @lcd_wr_data
        call   @wait_LCD
        inc   COMPT2
        cjne  COMPT2,#8,Efface

        inc   PAGELCD
        cjne  PAGELCD,#8,PagePlus
        retp

;*** envoi de DATA vers LCD ***
;-----
lcd_wr_command
        clrb  lcd_RS ; RS=0 (commandes)
        jmp  lcd_write ; goto WRITE code

lcd_wr_data
        setb  lcd_RS ; RS=1 (données)

lcd_write
        call  @send8 ; durée=2µs
        call  @tempo_1us
        setb  lcd_E ; E=1
        call  @tempo_1us
        clrb  lcd_E ; E=0
        call  @tempo_1us
        retp ; total=5µs

;*** sérialisation des données ***
;-----
send8    mov    COMPT1,#8
        clic
        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

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

tempo_1us
:suite1  mov    tempo1,#10 ;tempo de 1µs
        nop
        decsz tempo1
        jmp  :suite1
        retp

;-----
;*** 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

```

Figure 17 suite

```

        jmp  decsz tempo2
        jmp  tempo3
        retp

;-----
;*** 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
        retp

;-----
;*** conversion 8 bits sur AD7823, ***
;-----
CONV8    clrb  CAN ;init conversion
        nop
        nop ;délai de réaction
        nop ;des composants.
        nop ;(tempo = 100ns)
        setb  CAN

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

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

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

        mov    COMPT2,#8
        clic
        clr   w
        clr   SCK
        setb  ri
        mov  w,SDATA
        and  w,#1
        or   HEXA,w
        clrb SCK
        DECSZ COMPT2
        jmp  CONV8 ;sinon, on continue
        clic
        rr   HEXA ;division de HEXA par 4
        clic ;pour obtenir une
        rr   HEXA ;limitation à [0..63]
        retp

;*** Table de conversion ***
;-----
        org  $400
        dw  $00,$80,$C0,$E0,$F0,$F8,$FC,$FE

```

Tableau 1

Instruction	RS	R/W	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Fonction
Ecriture donnée	1	0	Ecriture de la donnée								Ecriture de la DD-RAM (RAM d'affichage)
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

Le listing complet de l'analyseur 16 voies (ou 2x8 voies) est indiqué en figure 17.

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

Pour faire fonctionner l'analyseur spec-

tral, nous utiliserons 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).

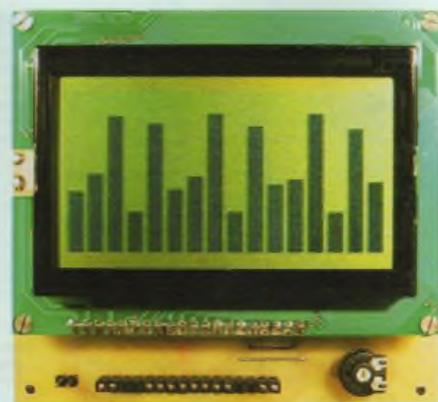
\* Ecriture d'une donnée (envoi d'une colonne de 8 pixels sur le module).

Rappelons que lorsqu'on envoie une donnée de 8 bits sur l'afficheur, on

# ANALYSEUR SPECTRAL AUDIO 2x8 VOIES

Tableau 2

tableau 2 : résultats de mesure obtenus sur un module de filtrage de 8 voies								
Fréquences théoriques	22Hz	57Hz	148Hz	384Hz	1KHz	2,6KHz	6,76KHz	17,6KHz
Valeurs théoriques	473nF	182nF	70nF	27nF	10,4nF	4nF	1,54nF	591pF
Valeurs normalisées	470nF	180nF	68nF	27nF	10nF	3,9nF	1,5nF	560pF
Fréquences simulées	22,1Hz	58Hz	152Hz	384Hz	1,04KHz	2,62KHz	6,9KHz	18,6KHz
Fréquences mesurées	21,3Hz	54,5Hz	152Hz	370Hz	1,05KHz	2,6KHz	6,8KHz	18KHz
Amplitude CC des filtres	7,28V	7,04V	7,28V	7,12V	7V	7,3V	7,2V	6,6V
Détecteur de crête (sortie)	3,27V	3,12V	3,21V	3,19V	3,12V	3,16V	3,14V	2,77V



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 8 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. 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 4 dans la routine «CONV8» 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 barre de niveau est d'abord réalisée à partir de (6x5) colonnes de 8 pixels (envoi du mot bina-

re %1111111), puis est complétée par 6 octets 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.

## PERFORMANCES OBTENUES

Alimenté sous 5 V, le circuit d'alimentation négative ICL7662 fournit environ -4 V, avec une ondulation de 150 mV. Dans ces conditions, la dynamique disponible sur les amplificateurs est de 7,4 V (l'excursion du signal est linéaire entre +3,6 V et -3,8 V). Le **tableau 2** présente les résultats de mesures effectuées sur un module de 8 filtres. Pour obtenir les fréquences théoriques situées autour de la valeur de référence de 1 kHz, on a utilisé un coefficient de 2,6. Les valeurs correspondantes de condensateurs sont indiquées à la 2<sup>ème</sup> rangée du tableau. Nous avons alors choisi les valeurs normalisées les plus proches de la série E12, indiquées dans la 3<sup>ème</sup> rangée du tableau. On peut remarquer que la dérive en fréquence déterminée par simulation est inférieure à 6 % dans le pire des cas. Les fréquences effectivement mesurées sur le module peuvent être considérées comme tout à fait satisfaisantes, si on considère que nous avons utilisé des condensateurs ordinaires. Finalement, ce

sont les niveaux des sorties qui affichent la plus grande disparité. La chute de niveau visible sur le canal de 18 kHz est principalement due à la limitation en fréquence du **TLC272**.

## EVOLUTION VERS UN ANALYSEUR 16 VOIES

Il est possible d'envisager une évolution vers un analyseur 16 voies sans modifier le programme du SX28. En effet, ce dernier se contente de balayer séquentiellement les 16 entrées de multiplexage réparties sur deux modules sans se soucier de leur fonction. Il suffirait simplement de changer les valeurs des composants de chaque filtre, moyennant quelques précautions élémentaires:

\* Augmenter le coefficient de qualité des filtres pour améliorer leur sélectivité.

\* Envisager d'utiliser deux condensateurs en parallèle pour obtenir certaines valeurs éloignées de la série E12.

\* Envisager des tolérances serrées sur les résistances (2 %) et les condensateurs (5 % ou mieux).

\* Utiliser exclusivement des amplificateurs de type AD823 ou toute autre référence de qualité équivalente (ampli rail to rail doté d'un «slew-rate» supérieur à 20 V/μs).

à suivre...

**Bernard Dalstein**

## PUSH-PULL DE 845 BLOCS MONOS DE 40 Weff UNE ÉCOUTE ATTENTIVE



Depuis plus d'un mois, nous savourons nos moments de détente assis face à nos enceintes à écouter les blocs «Push-Pull de 845». C'est le piège, une fois assis, mis à part le temps nécessaire pour changer le CD, on ne peut plus «décoller» et se résigner à éteindre les amplificateurs. Il y a toujours quelque chose à découvrir, même sur des enregistrements que l'on pensait pourtant avoir bien «dans les oreilles». La satisfaction que nous avions retirée du SINGLE END est ici décuplée. Nous avons demandé à Mr Patrick Vercher, un spécialiste qui à consacré sa vie professionnelle à faire des écoutes de matériels de prestige et à rédiger des articles dans les revues *Nouvelle Revue du Son* et *Prestige Audio Vidéo*, de nous «livrer» ses impressions d'écoutes.

**D**epuis plus de trente ans que nous écoutons électroniques, enceintes, sources, très peu d'appareils nous ont réellement impressionnés par rapport à ce que l'on ressent au cours d'un concert en live. Or, les blocs mono 845 font partie de ces rares exceptions qui, à l'écoute, que ce soit avec des systèmes de haut-parieurs à haut rendement ou à faible rendement, sont capables par leur extraordinaire capacité dynamique, leur pouvoir de séparation des informations, les unes des autres sans effet d'intermodulation de procurer une lisibilité des lignes rythmiques et mélodiques que l'on ne perçoit qu'en live.

Il faut oublier tout ce qui a pu être écrit comme lieu commun sur les montages à tubes ou de triodes peu puissantes, avec ce push-pull de 845 qui travaille dans des conditions idéales avec une alimentation digne de ce nom et un transformateur de sortie aux qualités époustouflantes. En effet, on attend souvent au tournant les montages triodes du côté du grave, or celui proposé par LED est d'une vigueur, d'une dynamique, d'un articulé entre les notes graves à enterrer les amplis les plus prestigieux dans ce secteur. Enfin, sur une guitare basse, on perçoit parfaitement les variations de hauteur de notes hyper marquées qui en intensité, en niveau, vous touchent physiquement. Les haut-parleurs sont tenus d'une main de fer, sans aucun trainage parasite, mais avec une vitesse d'établissement à vous «couper le souffle», vraiment physique au niveau de la pression ressentie.

La structure même des notes en-dessous de 100 Hz est toujours maintenue, avec leurs vrais prolongements pour procurer ce caractère «chantant» que les bassistes arrivent à tirer de leurs guitares et de leurs amplis. De même, sur les instruments acoustiques tels que la contrebasse ou le violoncelle, le push-pull 845 LED fait des merveilles en termes de transcription des timbres au moment, par exemple, de l'attaque de l'archet sur les cordes, jusqu'aux prolongements des résonances de la couleur propre de l'instrument. Toujours hyper vif, hyper tendu, le push-pull 845 est d'un délié entre les notes que très peu d'électroniques, sans aucune considération de

prix, sont capables de transcrire correctement, d'autant plus que ce grave d'une beauté sortant totalement de l'ordinaire, ne fait absolument pas d'effet de masque sur le bas médium qui reste d'une transparence de cristal. Ça respire en permanence entre 100 Hz et 1 kHz avec une notion d'espace tridimensionnel propre aux triodes bien drivées. L'acoustique des lieux d'enregistrements est ainsi reproduite avec une rare acuité, en respectant l'étalement des plans en profondeur.

Les deux blocs mono apportent à ce sujet une absence de diaphonie instantanée entre les canaux droit et gauche, favorisant la stabilité de l'image globale, très panoramique, mais aussi les arrière-plans qui ne se replient pas vers l'avant sur les fortes crêtes de niveau. Ainsi sur les grandes formations, la lisibilité entre tous les interprètes est totale, chacun est à sa place et n'en bouge pas. On finit même par oublier la diffusion par les enceintes tant le push-pull 845 de LED les fait rayonner avec une stabilité, une linéarité au niveau de la phase hors du commun. De même, cette rigueur de la phase entre les canaux apporte une meilleure intégration des effets d'échos de réverbération, en respectant le dosage entre sons directs et réfléchis, pour vous envelopper littéralement au sein de l'acoustique du lieu d'enregistrement.

Quant au médium et l'aigu, ils ont eux aussi une cohésion de diffusion naturelle à vous faire dresser les cheveux sur la tête, sur les voix masculines ou féminines. On retrouve les vertus de justesse de timbre des voix, propre aux triodes, mais sans fausse chaleur artificielle ou présence accentuée. Les voix ressortent avec des «accents» de vérité à vous donner la chair de poule car l'articulation des mots est parfaite, l'intonation sur les consonnes ou voyelles juste, sans rien perdre pour autant des micro-informations de reprise de respiration ou de la signature acoustique du micro utilisé. Les chuintantes et les sifflantes ne sont pas accentuées, mais reproduites à leur juste niveau, sans partir en ville pour les oreilles (comme avec beaucoup de montages à transistors mal équilibrés).

La continuité avec le haut du spectre s'effectue avec

une fluidité étonnante, sans rupture dans la capacité dynamique, ni destrustration instantanée sur les forts écarts de niveau. Aussi, sur les percussions telles que toms ou caisses claires, l'impact des baguettes sur les peaux tendues ressort au travers du push-pull 845 avec netteté, rapidité, franchise, tout en percevant le prolongement des résonances diverses.

Sur des jeux de cymbales, le dégradé des couleurs tonales différentes, la puissance acoustique de rayonnement des grands disques de métal sont parfaitement reproduits jusqu'aux petits bruits des rivets périphériques qui sont, la plupart du temps, gommés par les électroniques, manquant de capacité dynamique sur les petits signaux, ou les noyant dans du bruit de fond. De même, sur les harmoniques supérieurs d'instruments tels que le violon, les notes sont parfaitement tenues, avec leurs infimes modulations qui ressortent bien en se détachant au travers du push-pull de 845.

On pourrait ainsi décrire des heures durant les vertus musicales de ces blocs monos 845 véritablement hors du commun. Nous les avons comparés avec d'autres électroniques prestigieuses à tubes et à transistors, mais, force est de reconnaître que le push-pull de LED 845 leur a tous mis une «grande claque» sur tous les paramètres subjectifs, pris individuellement, mais aussi et surtout par le caractère spontané, évident de la restitution ou l'on ne se pose plus de questions, mais on goûte tous les genres musicaux sans être aucunement frustré.

Dans tous les cas, ce montage d'une rare rigueur de conception est une véritable aubaine pour tous les amateurs de musique enregistrée et de concert, car il permet d'accéder à une restitution d'une richesse, d'une densité telles que vous redécouvrirez bien des enregistrements que vous pensiez connaître, mais cette fois-ci avec toute l'émotion qui se dégage de l'interprétation, du grand art...

Vous n'êtes pas censés nous croire, mais si vous écoutez ce montage, vous vous rendrez compte que nos affirmations élogieuses ne sont pas usurpées.

Patrick Vercher

# AMPLIFICATEUR EN CLASSE A SINGLE-END DE 2x40 Weff AVEC MOS-FET 2SK1058 SANS CONTRE RÉACTION



C'est dans notre n°165 que nous vous avons proposé l'étude du SINGLEMOS, un amplificateur classe A délivrant une puissance modeste de 2x6,5 Weff, mais oh combien musical ! Cette puissance limitée, conduisant à n'utiliser cet appareil qu'avec des enceintes à haut rendement, était dûe en grande partie à l'emploi dans l'étage «commande/ déphaseur» de l'ampli opérationnel OPA2604.

D'un fonctionnement impulsionnel irréprochable, cet ampli OP est malheureusement limité par une tension d'alimentation maximale qui n'est que de  $\pm 24$  V.

**D**epuis ce n°165, ayant trouvé au catalogue de BURR-BROWN un amplificateur opérationnel «haute tension» capable de supporter  $\pm 45$  V, nous avons été tentés par la «refonte» de cette étude afin de vous proposer une version musclée d'un

classe A en SINGLE-END. Cet ampli OP à entrées sur transistors FET porte la référence OPA445.

Son utilisation est des plus simple tout comme pour l'ampli opérationnel OPA604 ou l'OPA2604 que vous connaissez bien maintenant.

## UN CLASSE A EN SINGLE-END

Il se compose de trois étages :

- L'amplificateur en tension
- L'amplificateur en courant
- Le générateur de courant



# CLASSE A SINGLE-END SANS CONTRE RÉACTION

Figure 3

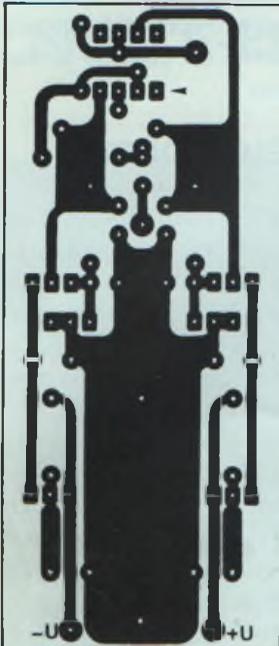


Figure 4B

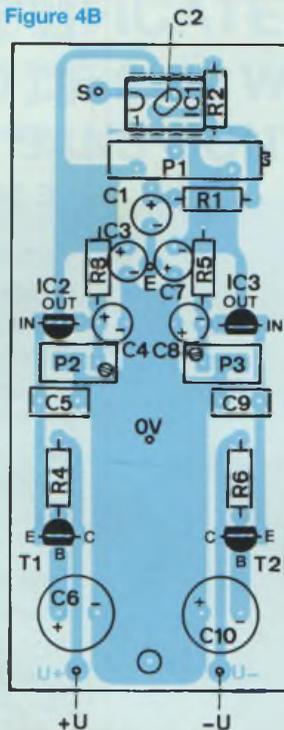
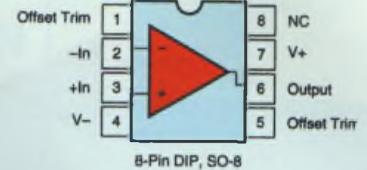
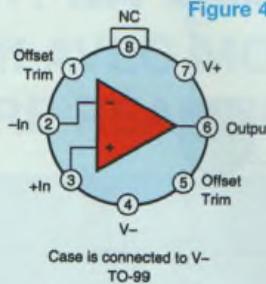
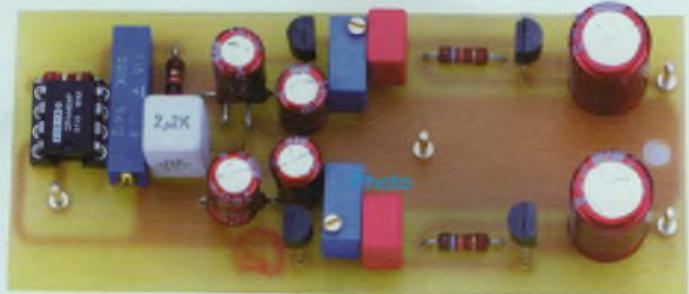


Figure 4A : brochages de l'OPA445



Le condensateur C11 est soudé côté pistes entre le curseur de P1 et la masse (0 V).



## NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

- Résistances  $\pm 5\%$  1/4 W couche métallique

R1 : 10 k $\Omega$   
 R2 : 220 k $\Omega$   
 R3 : 150  $\Omega$   
 R4 : 18 k $\Omega$   
 R5 : 150  $\Omega$   
 R6 : 18 k $\Omega$

- Ajustables multitours

P1 : 100 k $\Omega$ /15 tours  
 P2, P3 : 5 k $\Omega$ /25 tours

- Condensateurs polarisés

C1 : 2,2  $\mu$ F / 50 V (10  $\mu$ F max)  
 C3, C4, C7, C8 : 22  $\mu$ F / 63 V  
 C6, C10 : 220  $\mu$ F / 63 V  
 C11 : 220  $\mu$ F / 16 V sorties axiales

- Condensateurs non polarisés

C2 : 1 pF à 10 pF  
 C5, C9 : 1  $\mu$ F / 63 V

- Semiconducteurs

IC1 : OPA445AP (SQR ou Radiospares)  
 IC2 : LM317L  
 IC3 : LM337L  
 T1 : MPSA 06 ou équivalent (2N5551)  
 T2 : MPSA 56 ou équivalent (2N5401)

Ce réglage va nous permettre de compenser l'écart de tension Gate/Source du MOS-FET et ainsi obtenir aux bornes du haut-parleur une tension nulle.

Le condensateur C11 relié au curseur de P1 permet de réduire le bruit engendré par l'alimentation et amplifié par IC1 (souffle). Le condensateur C4 en shunt sur la résistance R2 permet de limiter la bande passante aux fréquences élevées.

Les tensions d'alimentation symétriques de  $\pm 30$  V appliquées aux pattes (7) et (4) de l'OPA445 sont obtenues après un énergique filtrage électronique et une stabilisation efficace. Elles doivent garantir à l'A.Op une parfaite immunité aux bruits parasites.

Les cellules T1/C6 et T2/C10 sont équivalentes à des condensateurs de 47 000  $\mu$ F.

Les régulateurs IC2 et IC3 maintiennent à leurs bornes IN/OUT une tension de 3,5 V.

Nous sommes loin de la valeur maximale de 35 V à ne pas dépasser.

Les ajustables P2 et P3 de type multitours permettent un réglage très précis des tensions  $\pm 30$  V avec une excellente stabilité dans le temps.

Une étude de circuit imprimé a été réalisée pour rassembler tous les composants. Elle vous est proposée en **figure 3** à l'échelle 1. La plaquette est de faibles dimensions (85x37 mm) et on y remarque

la symétrisation de l'alimentation au niveau des liaisons cuivrées.

Le «pastillage» du circuit intégré est prévu pour un boîtier DIP 8 broches.

Précisons que l'OPA445 est également disponible en boîtier métallique TO-99.

La **figure 4A** donne et précise les deux brochages compatibles avec notre implantation.

Pour l'implantation du TO-99, il suffit de considérer que la patte (8) se situe au niveau de l'ergot détrompeur.

Le plan de câblage de la **figure 4B** associé à la nomenclature des composants doit vous permettre l'insertion et le soudage des éléments sans erreur.

Pour les boîtiers TO92 (transistors et

Figure 5

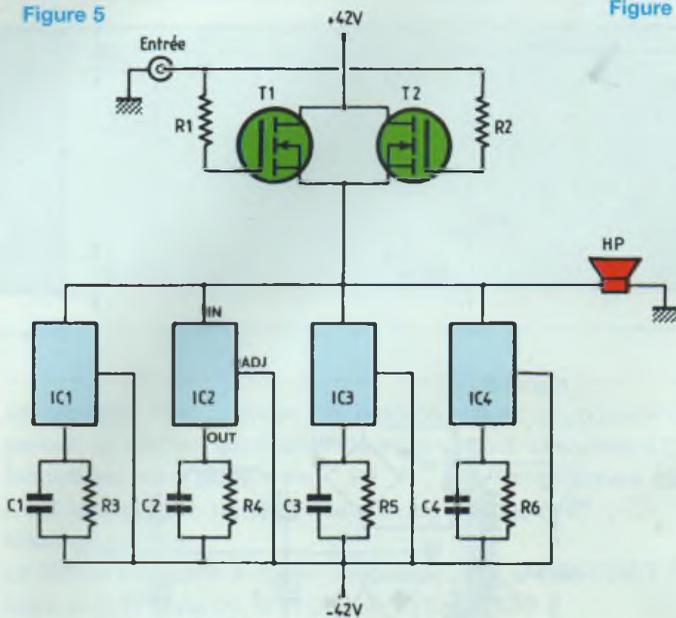


Figure 6

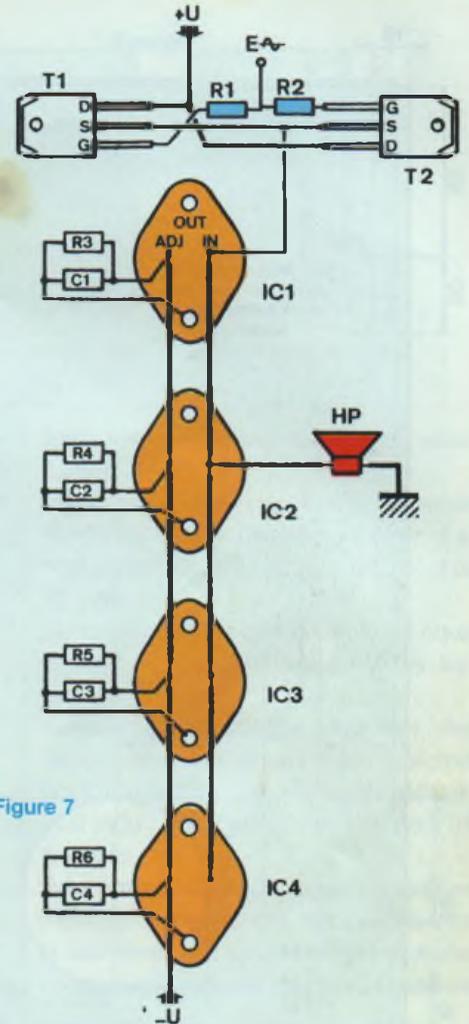
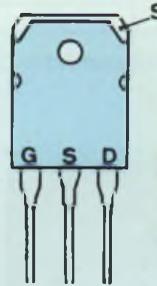


Figure 7

## NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

### • Résistances $\pm 5\%$ couche métallique

R1, R2 : 4,7 k $\Omega$  / 0,5 W  
R3, R4 : 3,3  $\Omega$  / 3 W  
R5, R6 : 0,82  $\Omega$  / 3 W

### • Semiconducteurs

T1, T2 : 2SK1058 (Selectronic)

IC1, IC2, IC3, IC4 : LM317HVK (SQR)

### • Divers

Micas isolants pour TO3 et TOP3P  
Cosses à souder  $\varnothing$  4 mm  
Visserie M3 et M4  
C1, C2, C3 et C4 : 100 nF / 63 V

régulateurs), il suffit de se repérer au «méplat».

Les condensateurs électrochimiques ont leurs polarités gravées dans l'isolant plastique.

Avant de souder l'ajustable P1, faire en sorte que le curseur soit réglé à mi-course, soit R/2. Faire de même avec P2 et P3.

Le condensateur C2 n'est pas indispensable, il est soudé côté pistes cuivrées ou sous le support de l'OPA445.

### • L'AMPLIFICATEUR EN COURANT

Une structure on ne peut plus simple comme le montre notre **figure 5**. Deux

transistors MOS-FET connectés en parallèle et quatre générateurs de courant montés également en parallèle.

Les transistors T1 et T2 sont des 2SK1058 de Hitachi capables de dissiper chacun une puissance de 100 W, avec un  $I_D$  max de 7 A et un  $U_{DS}$  max de 160 V. Le boîtier est un TO3P et le brochage de celui-ci vous est communiqué en **figure 6**.

Le 2SK1058 intègre les diodes zéners de protection «Gate / Source», ce qui simplifie encore notre schéma.

C'est la source qui est connectée au boîtier.

Les «Gate» sont protégées par des résistances, ce qui réduit la bande passante

du MOS-FET et lui évite d'entrer en oscillation.

Nous utilisons, pour «tirer» le courant de repos, 4 régulateurs haute tension National Semiconductor de référence LM317HVK. Ce régulateur a la particularité de supporter une tension  $V_{in}/V_{out}$  élevée de 60 V et son boîtier est de type métallique en TO3. Nous regrettons que ce boîtier soit de plus en plus abandonné par les fabricants de semiconducteurs pour des questions de coût.

C'est la résistance R4, placée entre les broches ADJ et OUT, qui tire le courant, celui-ci étant réparti dans les régulateurs IC1, IC2, IC3 et IC4.

Au repos, la tension aux bornes du HP

# CLASSE A SINGLE-END SANS CONTRE RÉACTION

Figure 9

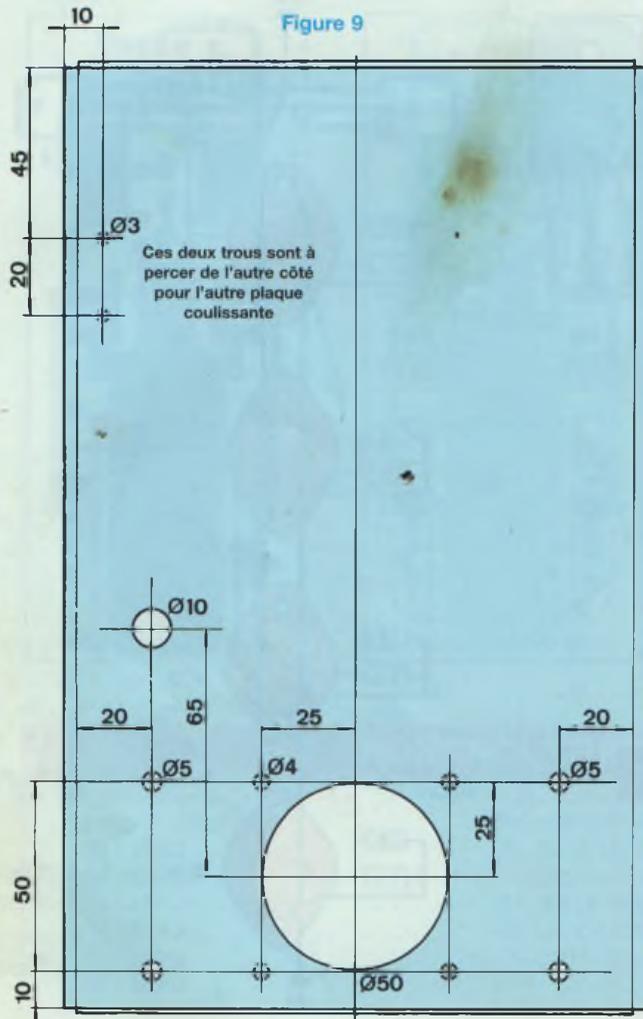


Figure 11

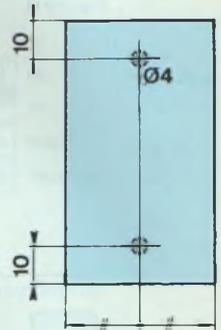
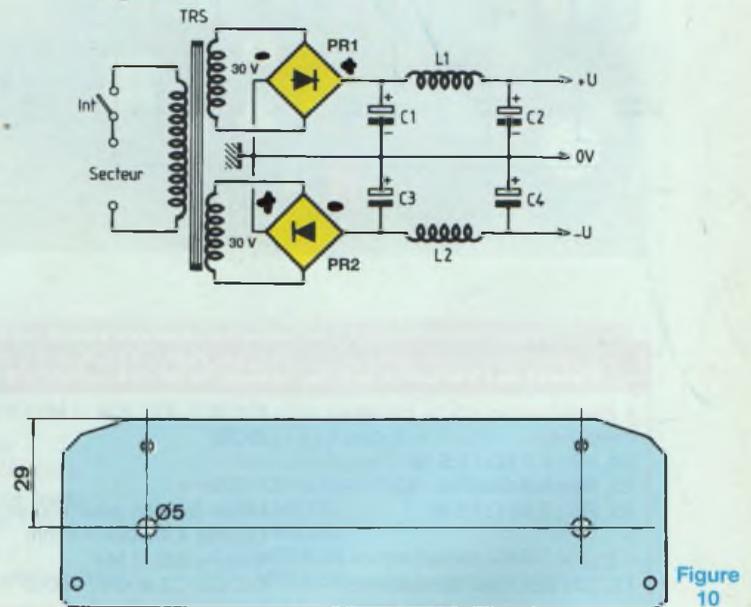


Figure 8



est de l'ordre de -4 V. Ce potentiel est «rattrapé» et ramené à 0 V grâce à l'ampli opérationnel OPA445 et l'ajustable P1.

C'est le signal alternatif injecté en entrée dans les «Gate» des MOS-FET qui module le courant de repos et le transforme en un signal audio reproduit par le haut-parleur.

Cet étage de puissance est câblé à l'ancienne «en l'air», une fois les composants fixés à leur dissipateur.

La figure 7 nous montre les différentes interconnexions effectuées, dans la plupart des cas avec du fil de cuivre étamé de 12/10°. On ne peut plus simple.

Tous les boîtiers des semiconducteurs doivent être isolés du dissipateur et cet isolement doit être contrôlé à l'ohmmètre avant de commencer les interconnexions.

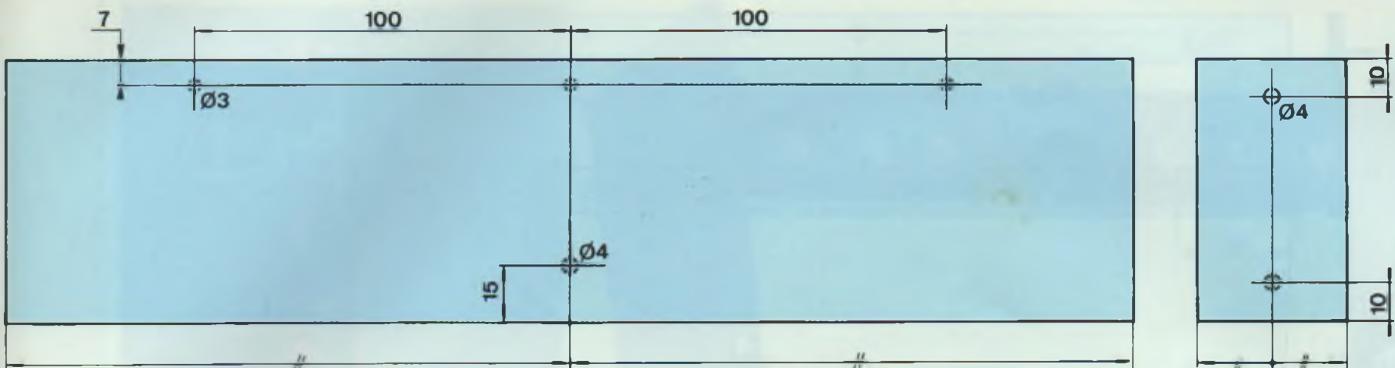
Nous ne donnons pas de plan de perçage précis pour le dissipateur, la photo de l'amplificateur en courant câblé vous permet de voir la disposition adoptée pour ce travail. Le dissipateur est un boîtier C170 déjà utilisé à deux reprises dans des études précédentes (Led n°167 et n°168). Pour un repérage précis des perçages des 4 trous de chaque régulateur LM317HVK, il est recommandé d'utiliser le mica isolant et de tracer sur le dissipa-

teur, au crayon papier, les cercles de positionnement.

Ceux-ci poinçonnés au centre, il ne reste plus qu'à percer en utilisant tout d'abord un foret de  $\varnothing 2$  mm.

## • L'ALIMENTATION SYMÉTRIQUE $\pm U$

Elle est classique comme le montre la figure 8. Nous utilisons un transformateur de 2x30 V à faibles pertes (transformateur «R»). Les enroulements sont chacun redressés par un pont de diodes. Ce sont donc les ponts qui déterminent la référence de masse et non le point milieu du transformateur. Cette possibilité nous est offerte grâce à la sortie sur 4 fils des deux



secondaires. Plus onéreux, ce procédé permet un meilleur équilibrage du transformateur.

Il est utilisé dans les amplificateurs de «haut de gamme».

Le filtrage est confié à quatre condensateurs de forte capacité de 47 000  $\mu\text{F}/40\text{ V}$ . Après redressement, nous trouvons (à vide) des tensions de 43 V aux bornes des condensateurs de «tête».

Le filtrage en  $\pi$  permet de réduire la résiduelle alternative et obtenir ainsi un meilleur rapport signal/bruit pour l'amplificateur.

## • UNE PAUSE

Nous voici arrivés au terme de cette étude théorique que nous allons maintenant concrétiser.

Qui dit «classe A» dit échauffement important et constant de l'appareil. Nous allons à nouveau devoir faire appel à de bons dissipateurs thermiques. Nous reprendrons donc l'assemblage réalisé pour le classe A de 2x30 W du Led n°167.

Il est efficace et un bon nombre de lecteurs aiment au final l'esthétique de ce robuste boîtier dissipateur.

## LA MÉCANIQUE

Le châssis/coffret est fait «maison», il utilise deux coffrets C170 et deux dissipateurs K300.

L'association de ces 4 éléments permet d'obtenir une base mécanique robuste

avec un pouvoir de dissipation important. Les coffrets C170 servent de côtés à l'amplificateur classe A et les K300 de longerons.

### • LE COFFRET / DISSIPATEUR C170

Le C170 se décompose en 4 parties :

- le dissipateur à ailettes multiples
- une plaque de fond coulissante
- une face avant
- une face arrière.

#### - Le dissipateur

Il va recevoir les deux transistors de puissance en boîtiers TOP3 et les quatre régulateurs LM317HVK.

Nous ne donnons pas de plan de perçages pour le forage des 18 trous, car le repérage de ceux-ci va se faire directement avec les micas isolants et un crayon à papier. Ce procédé est beaucoup plus précis.

Disons simplement qu'il suffit de tracer une ligne centrale de bas en haut à l'intérieur du dissipateur et que la fixation du premier boîtiers TO3 se fait à 30 mm du bas. A partir de cette distance, on peut définir avec le mica les 3 autres forages. Le deuxième boîtier est fixé à 80 mm du bas, le mica aide ensuite au repérage des 3 autres forages.

Idem pour le troisième régulateur avec son premier forage situé à 130 mm du bas.

Le quatrième régulateur est situé au-dessus des transistors 2SK1058, le premier

forage étant à 20 mm du haut du dissipateur.

Poinçonner en leurs centres les 16 ronds tracés au crayon papier puis forer chacun d'eux tout d'abord à un diamètre de  $\varnothing 2\text{ mm}$ .

Ce faible diamètre doit permettre d'obtenir un bon centrage, indispensable surtout pour les deux trous de fixation.

Augmenter ensuite le diamètre des forages progressivement jusqu'à  $\varnothing 4\text{ mm}$  pour le passage des pattes des boîtiers TO3 (ADJ / IN), et jusqu'à  $\varnothing 6\text{ mm}$  pour les fixations.

Pour obtenir un bon placage des boîtiers métalliques, nous avons préféré utiliser de la visserie de 4, d'où des forages à  $\varnothing 6\text{ mm}$  pour pouvoir y insérer les canons isolants.

#### - La plaque coulissante

Quelques trous sont à pratiquer dans cette plaque comme indiqué en **figure 9**. Le forage du bas à  $\varnothing 50\text{ mm}$  est destiné à y plaquer un ventilateur de 60x60 mm, cette ouverture permettant d'y pulser de l'air.

Attention : les cinq forages à  $\varnothing 3,5\text{ mm}$  vers le haut de la plaque doivent être effectués par symétrie, à droite pour le flasque gauche, à gauche pour le flasque droit (idem pour le forage à  $\varnothing 5\text{ mm}$ ).

Une fois le châssis assemblé, les trous doivent se trouver face à face.

#### - La face avant

Cette plaquette déjà percée d'origine en 4 points pour sa fixation va recevoir 2

# CLASSE A SINGLE-END SANS CONTRE RÉACTION

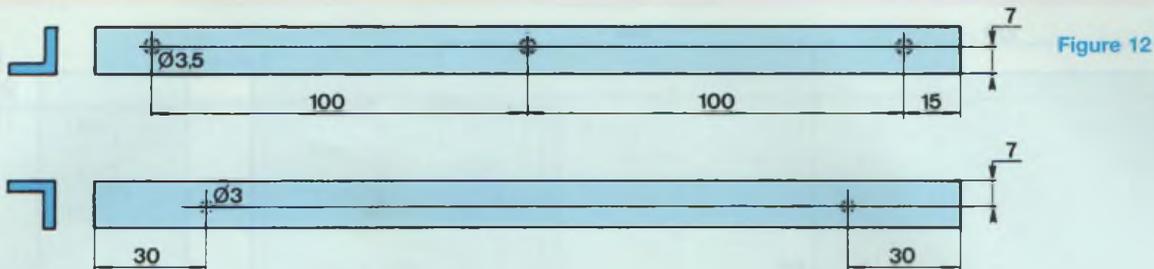


Figure 12

Figure 13

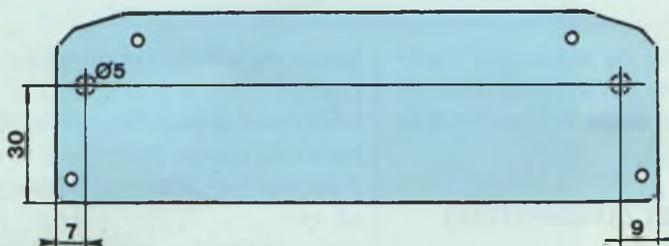


Figure 15

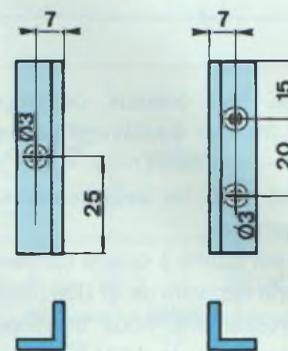
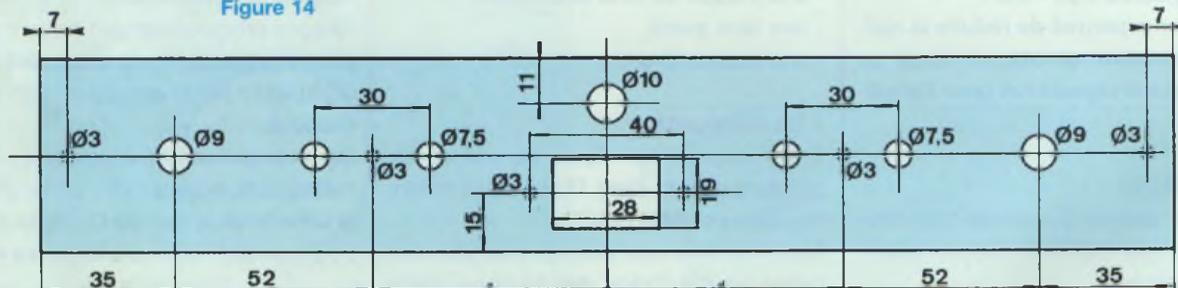


Figure 14



trous complémentaires, comme indiqué en figure 10.

C'est ici que seront vissés deux gros pieds en caoutchouc de  $\varnothing 40$  mm pour une hauteur de 20 mm.

Les deux coffrets / dissipateurs C170 travaillés, passons aux K300.

## • LE DISSIPATEUR K300

Ce dissipateur profilé en «peigne» de 300x70x40 mm va contribuer à l'évacuation des calories avec son R.th. de 0,5°/W. C'est sur ces deux dissipateurs que seront fixés ultérieurement les ponts redresseurs.

La figure 11 donne les indications

nécessaires pour y pratiquer les différents forages.

Ceux effectués à  $\varnothing 4$  mm dans les côtés seront **avantageusement taraudés**. Dans ce cas les perçages se feront à  $\varnothing 3,3$  mm (taraud M4, foret-pilote M3,3). Il en est de même pour celui situé au centre et à 15 mm du bas du dissipateur (fixation du pont redresseur).

Les trois forages à  $\varnothing 3$  mm vont permettre d'y fixer une équerre en «L» de 12x12 mm de côté pour 230 mm de long. La figure 12 précise le travail à effectuer. Bien respecter la position des «L».

Terminer en équipant les dissipateurs K300 de ces équerres.

## • PREMIER ASSEMBLAGE

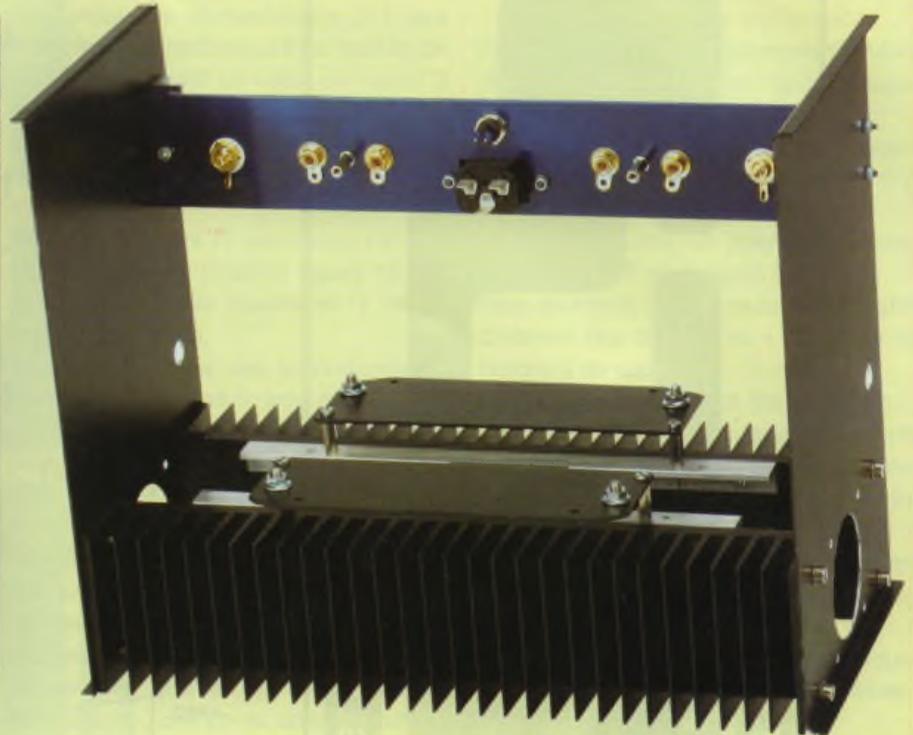
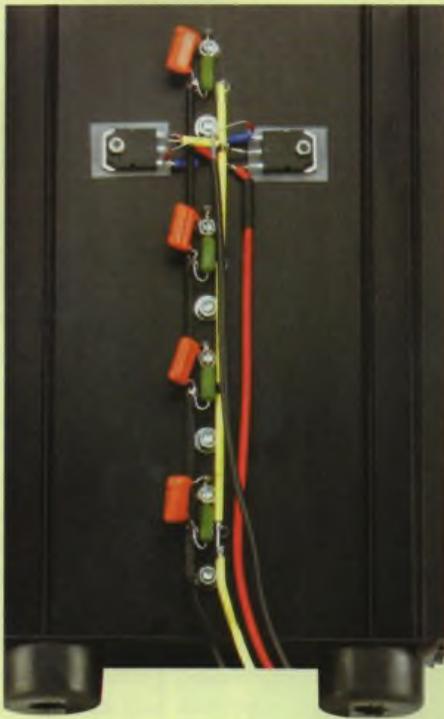
Nous allons visser les flasques aux dissipateurs K300 pour vérifier que tous les forages correspondent bien. C'est là que l'on apprécie les taraudages.

Equiper les plaques de la figure 10 de leurs pieds en caoutchouc puis visser celles-ci aux dissipateurs C170 avec les vis auto-taraudeuses fournies.

Faire coulisser les flasques dans les rainures des dissipateurs. On obtient dès lors une ébauche du châssis de l'amplificateur.

## • UNE INTERFACE

Il s'agit de deux plaques en aluminium,



identiques à celles servant à la fixation des pieds en caoutchouc (figure 10), que nous allons travailler conformément à la figure 13.

Sur ces deux plaques va venir se visser le transformateur d'alimentation.

L'ensemble ira ensuite se fixer aux équerres en «L» vissées aux dissipateurs K300. On prévoira de surélever les plaques des équerres de 8 à 10 mm en utilisant des entretoises filetées mâle / femelle M3.

## • UN RENFORT DE CONSOLIDATION

Il s'agit d'une barre en aluminium de 300 mm de longueur.

Sur cette barre vont venir se visser les différentes prises : secteur, Cinch, borniers HP...

La figure 14 montre le travail à effectuer. La découpe de la fenêtre de 28x19 mm se fera aisément avec une scie abrasif.

Ce renfort va ensuite venir se visser aux plaques coulissantes des C170 au moyen de deux équerres en «L» usinées

comme indiqué en figure 15. La visserie sera de préférence à tête fraisée, les têtes étant noyées dans l'épaisseur de 3 mm de la barre d'aluminium.

Cette barre n'est pas fixée directement aux équerres mais décalée d'une épaisseur de 8 mm grâce à des entretoises filetées mâle / femelle. Nous verrons pourquoi un peu plus loin.

Le travail de la mécanique est terminé. Il ne nous restera plus qu'à voir le capot protecteur en fin d'article.

Une photographie vous montre le châssis / dissipateur terminé. Les forages à  $\varnothing 10$  mm dans les flasques sont garnis de passe-fils.

## ASSEMBLAGE

### • L'ALIMENTATION DE PUISSANCE

En nous reportant à la figure 8, nous remarquons que celle-ci se compose de 2 ponts redresseurs, 2 selfs de filtrage et 4 condensateurs de 47 000  $\mu\text{F}$  / 40 V.

Les ponts sont vissés à chacun des dis-

sipateurs K300, face à face, les selfs aux plaques coulissantes des coffrets C170 et les condensateurs vissés à un circuit imprimé lui même vissé aux équerres en «L» de la figure 12.

Les pistes cuivrées du C.I. sont à orienter vers l'extérieur, vers le transformateur de 500 VA. Pour cette fixation, on utilise les colonnettes filetées mâle/femelle M3 de 8 ou 10 mm de hauteur. Elles serviront ensuite à recevoir les deux plaques de maintien du transformateur, plaques représentées en figure 13.

Ce circuit imprimé est proposé à l'échelle 1 en figure 16. Il va permettre de venir y visser les canons des condensateurs de filtrage et ainsi assurer également leur maintien entre les dissipateurs K300 sans avoir à utiliser des brides métalliques.

En figure 17 nous retrouvons l'assemblage des condensateurs de 47 000  $\mu\text{F}$  qu'il faudra veiller à visser impérativement dans le bon sens.

Un trou central de  $\varnothing 10$  mm sert au passage des fils d'interconnexions, ceux

# CLASSE A SINGLE-END SANS CONTRE RÉACTION

Figure 16

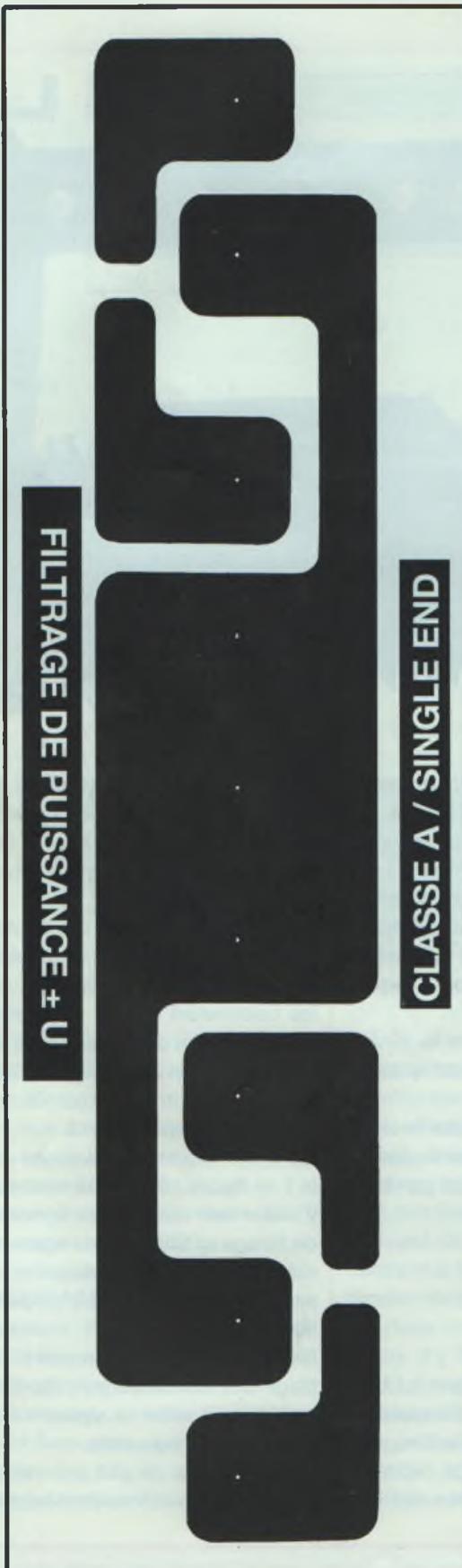
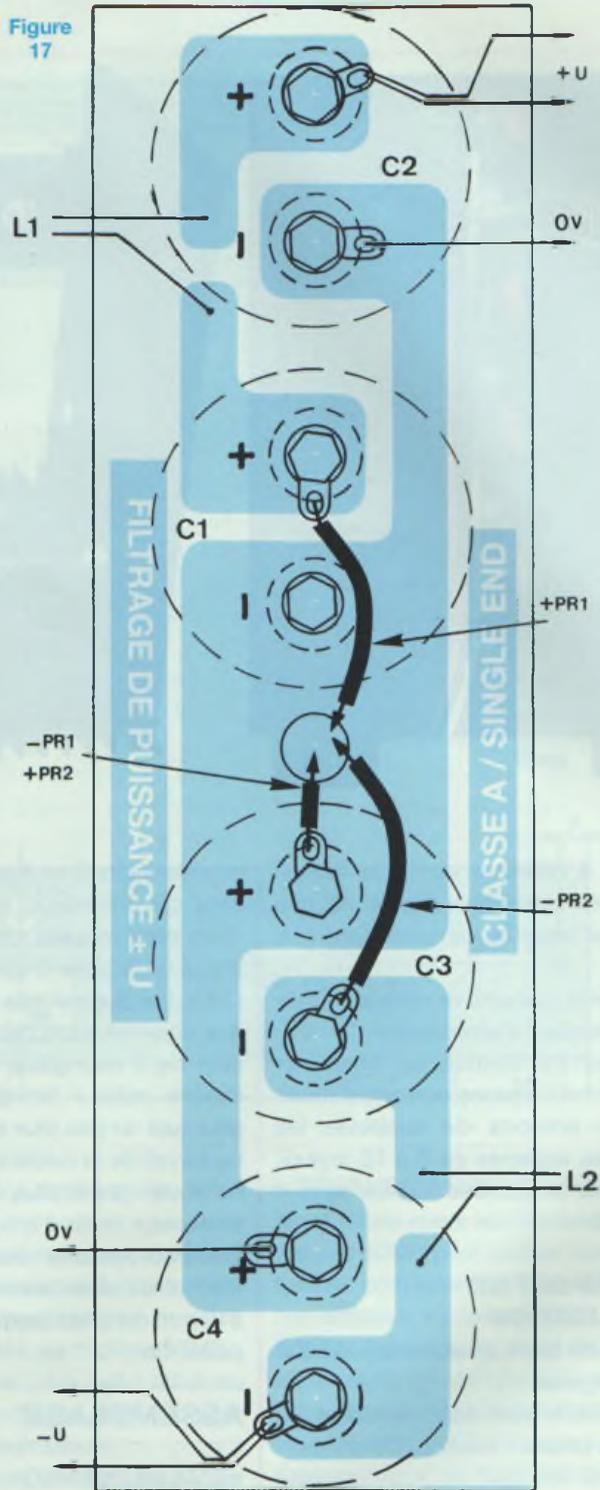


Figure 17



## NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

C1, C2, C3, C4 : 47 000  $\mu$ F / 40 V  
 L1, L2 : self à air 4,7 mH  
 PR1, PR2 : pont redresseur 15 A / 100 V  
 TRS : transformateur en «R» 2x30 V / 500 VA  
 7 cosses à «œil» pour vis M5

provenant des ponts redresseurs, et ceux des secondaires du transformateur en «R».

Les selfs de filtrage se soudent directement aux pistes cuivrées, indications L1 et L2.

## ASSEMBLAGES ET INTERCONNEXIONS

Prévoir des cosses à souder pour les raccordements aux condensateurs des alimentations  $\pm U$ , 3 câbles provenant des ponts redresseurs PR1 et PR2 [(+) de PR1, (-) de PR2 et ( $\pm$ ) de PR1/PR2].

On soude directement entre elles les cosses (-) de PR1 et (+) de PR2, celles-ci étant positionnées face à face une fois les ponts vissés aux dissipateurs K300.

Faire passer les 3 câbles par le trou de  $\varnothing 10$  mm pratiqué dans le circuit imprimé. Equiper la barre arrière des différentes prises ainsi que des deux modules en surélevant ceux-ci avec des entretoises femelle/femelle de 15 mm de hauteur. Le picot mâle soudé au C.I. à la pastille (E) doit entrer dans la prise CINCH. Il n'y a plus qu'à souder.

Relier la cosse de la CINCH au picot 0 V du module au moyen d'un petit fil d'interconnexion, et ce côté pistes cuivrées. Les blocs de puissance sont équipés de leurs câbles (prévoir une longueur de 40 cm pour chacun d'eux). Les câbles auront été choisis de couleur différente pour leurs repérages en vue des interconnexions. Nous avons sélectionné :

- le rouge pour le +U
- le noir pour le - U
- le jaune pour la sortie HP
- un câble blindé pour la modulation (tresse de masse non utilisée).

Visser les plaques de «fond» équipées de leurs pieds au moyen des 4 vis autotaraudeuses fournies avec les coffrets C170.

Raccorder les alimentations  $\pm U$  au module de filtrage, en utilisant les cosses à «œil» de  $\varnothing 5$  mm.

Raccorder les selfs de filtrage L1 et L2 au circuit imprimé (figure 17).

Raccorder les alimentations  $\pm U$  des modules préamplificateurs au module de filtrage en utilisant un câble en nappe 3 conducteurs.

Mettre en place les 2 plaques de la figure 13 qui vont recevoir le transformateur en «R».

Relier les borniers (-) des sorties HP à la masse du circuit imprimé figure 16, (+) de C4 pour la voie gauche et (-) de C2 pour la voie droite.

Introduire les 4 fils des secondaires du transformateur dans le trou de  $\varnothing 10$  mm du circuit imprimé et poser celui-ci contre les plaques. Fixer le transformateur. Nous avons utilisé des vis et des écrous/éventail de 5.

Retourner le châssis pour avoir accès aux ponts redresseurs. Tirer les 4 fils passés précédemment par le trou de  $\varnothing 10$  mm. Les longueurs sont justes suffisantes pour que les fils soient soudés aux pattes (-) des ponts sans difficulté.

Pour faciliter le travail, dessouder provisoirement le câble de masse.

Attention à bien respecter les couleurs des fils pour chaque secondaire (violet / gris et bleu / rouge).

Souder le fil blanc du primaire à la prise secteur, puis le fil noir à l'interrupteur.

Avec l'excédent de fil noir, relier l'autre cosse de l'interrupteur à la prise secteur. Relier le fil jaune au châssis de l'amplificateur. Nous avons utilisé un point de fixation du transformateur en intercalant une cosse à œil entre patte du transfo et écrou de 5.

Les interconnexions sont presque terminées.

## PREMIÈRE MISE SOUS TENSION

### • LES RÉGLAGES

Nous allons les faire en deux temps en nous consacrant tout d'abord aux amplificateurs en tension, puis ensuite aux amplificateurs en courant, bien que ceux-ci ne nécessitent pas de réglage mais un simple contrôle. Pour le moment ils sont mis hors circuit.

### - Les amplificateurs en tension

Enlever les amplis opérationnels OPA445 de leurs supports. Mettre l'appareil sous tension.

A vide, nous devons relever des tensions de  $\pm 42$  V environ par rapport au picot 0 V et les picots +U et -U.

Avec le multitours P2, ajuster la tension sur la broche 7 du support à +30 V.

Faire de même avec le multitours P3 afin d'obtenir une tension de - 30 V sur la broche 4 du support.

Le curseur de P1 ayant été réglé à mi-course avant son soudage au circuit imprimé, on doit mesurer une tension nulle (ou presque) sur la broche 3 du support.

Couper l'alimentation et attendre que les condensateurs de filtrage soient déchargés.

On peut les «aider» en les court-circuitant avec une résistance (votre résistance de charge  $8 \Omega$  par exemple).

Insérer les OPA 445 dans les supports (et dans le bon sens !). Si vous avez générateur et oscilloscope, vous allez pouvoir vérifier leur bon fonctionnement en injectant un signal dans les prises CINCH et en observant le signal présent sur le picot (S). Le gain en tension doit être de 22.

Vérifier la tension continue présente sur le picot (S) et amener celle-ci à environ +4 V avec l'ajustable P1.

Couper l'alimentation et décharger les condensateurs de filtrage.

### - Les amplificateurs en courant

Relier un étage de puissance à son alimentation, fil rouge au (+) de C2 et fil noir au (-) de C4.

Relier le fil jaune au bornier (+) de la sortie HP.

Reste le câble blindé à relier au picot (S) d'un module préamplificateur (l'âme uniquement).

Charger la sortie HP par une résistance de  $8 \Omega / 50$  W aux bornes de laquelle on relie oscilloscope et multimètre en position VDC.

Relier le générateur à la prise CINCH

## CLASSE A SINGLE-END SANS CONTRE RÉACTION

sans injecter un signal (appareil sur OFF). Mettre l'amplificateur sous tension et attendre 2 à 3 mn que le dissipateur monte en température. Avec l'ajustable P1, reprendre le réglage pour que la tension aux bornes de la charge soit proche du 0 V. Cette tension va continuer à varier en fonction de la température et un dernier réglage pourra se faire au bout de 15 mn, lorsque cette température sera stabilisée.

On peut pendant ce temps vérifier le bon fonctionnement des générateurs de courant en mesurant la tension aux bornes des résistances de 0,82 et 3,3  $\Omega$ .

Commuter le générateur BF en position 1 kHz/sinus et injecter le signal.

Augmenter l'amplitude jusqu'à l'écrêtage, on doit mesurer une tension alternative de 18 à 20 V avec le multimètre commuté cette fois-ci en position VAC. Cette tension correspond à une puissance de 40 Weff.

Reprendre les mêmes manipulations avec le deuxième amplificateur en courant.

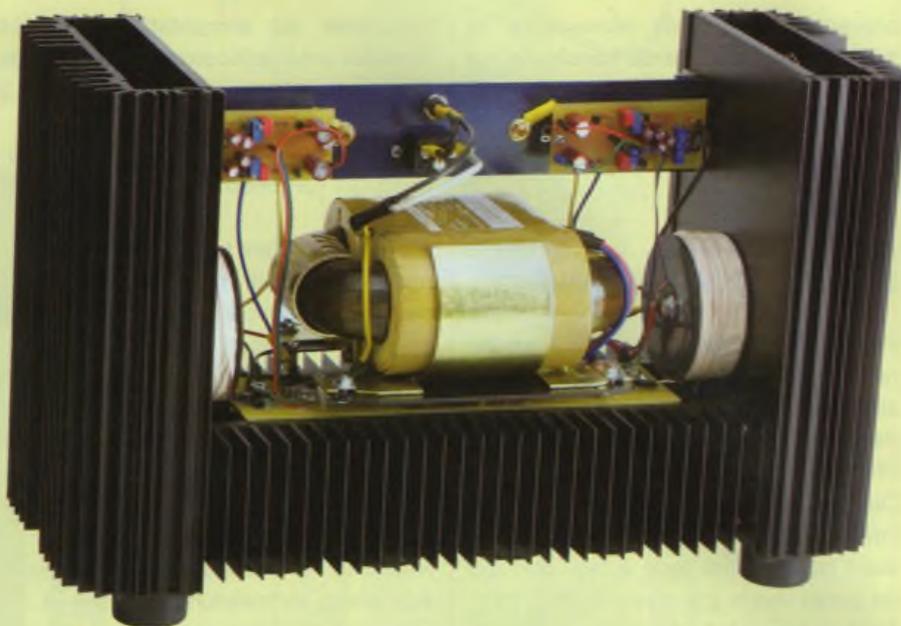
### • POUR TERMINER

Il ne reste plus qu'à dessouder les interconnexions des amplificateurs en courant et à enfiler les dissipateurs C170 dans les flasques, tout en passant les 4 fils dans le trou de  $\varnothing 10$  mm équipé d'un passe-fil en caoutchouc. Relier les alimentations aux cosses à «œil» vissées aux condensateurs (-) de C4 et (+) de C2. Les câbles +U de la voie gauche et -U de la voie droite passent sous le transformateur dans une gaine thermorétractable. Souder les fils jaunes aux borniers +HP et les câbles blindés (âme centrale) aux picots (S) des modules préamplificateurs.

Les interconnexions sont terminées. Une photo vous montre l'appareil câblé vu de devant.

Après avoir chargé les sorties HP par des résistances de 8  $\Omega$  / 50 W et relié les CINCH au générateur BF (appareil sur OFF), on peut remettre le Single End sous tension. Le laisser chauffer pendant 15 à 20 mn et revérifier les tensions

continues aux bornes des résistances de 8  $\Omega$ . On peut alors refaire le 0 V sachant que de toutes façons cette tension ne sera jamais stable. C'est le gros inconvénient du transistor dont les paramètres varient constamment en fonction de la température par rapport au tube qui lui reste stable face aux calories. Mais il faut le savoir, un transistor ne fonctionne bien que lorsqu'il est chaud et si possible à température constante. C'est l'énorme avantage du classe A par rapport au classe A-B avec ses 50 mA de courant de repos. Votre classe A est maintenant prêt pour charmer vos oreilles et vous faire découvrir vos CD.



continues aux bornes des résistances de 8  $\Omega$ . On peut alors refaire le 0 V sachant que de toutes façons cette tension ne sera jamais stable. C'est le gros inconvénient du transistor dont les paramètres varient constamment en fonction de la température par rapport au tube qui lui reste stable face aux calories.

Mais il faut le savoir, un transistor ne fonctionne bien que lorsqu'il est chaud et si possible à température constante. C'est l'énorme avantage du classe A par rapport au classe A-B avec ses 50 mA de courant de repos.

Votre classe A est maintenant prêt pour charmer vos oreilles et vous faire découvrir vos CD.

### LE CAPOT DE PROTECTION

Celui-ci est réalisé dans une plaque d'aluminium recouverte en PVC (disponible chez Radiospares). Cette plaque existe en 4 coloris : crème, bleu, gris ou noir.

Les dimensions sont de 500x300 mm. Il suffit d'effectuer un pliage en U comme suit :

- tracer une ligne centrale côté aluminium qui sépare la plaque en deux surfaces identiques de 250x300 mm.

- De part et d'autre de cette ligne, tracer une parallèle à 72 mm qui précise l'endroit du pliage. Cette surface de 144 x 300 mm représente le haut du capot, donc le haut du coffret.

- Il est préférable de commencer le travail du capot par les deux pliages. Cette opération délicate quand on ne possède pas une plieuse peut-être effectuée (et c'est ce que nous avons fait à la Rédaction) au moyen de deux barres et d'un étau. Il suffit de prendre la plaque en sandwich au niveau du trait de pliage tracé précédemment, de scotcher ou mieux encore de visser entre elles les deux barres et de mettre l'ensemble entre les mors de l'étau.

Il est évident que le pliage à effectuer à la main doit se faire de façon à avoir le côté recouvert de PVC situé vers l'extérieur.

Après pliages, nous obtenons une surface supérieure de 148 mm de largeur, juste ce qu'il faut pour que le U coulisse contre les dissipateurs C170 et ce jusqu'aux dissipateurs en «peigne» K300.

Les équerres qui maintiennent la barre de renfort à l'arrière de l'appareil servent de guides au capot, de même que les deux plaques qui supportent le transformateur.

Reste à effectuer les différentes découpes

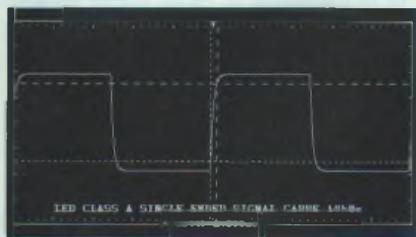
# SIMPLICITÉ ET EFFICACITÉ



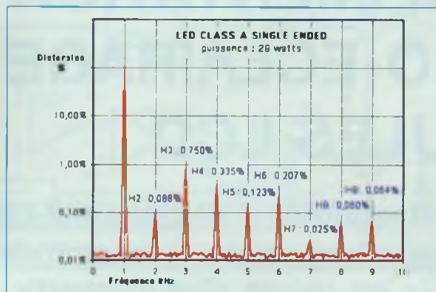
Signal carré à 40 Hz



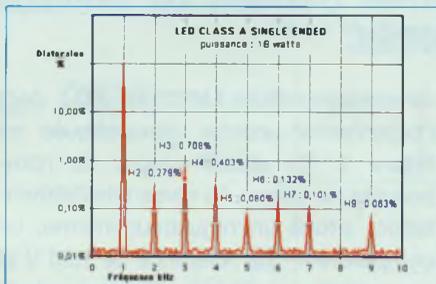
Signal carré à 1 kHz



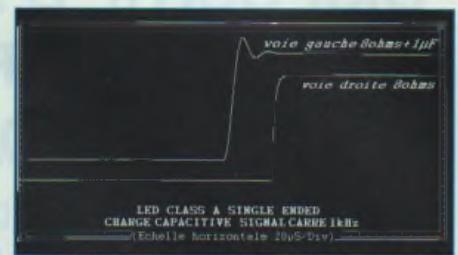
Signal carré à 10 kHz



Spectre de distorsion



Spectre de distorsion



Comportement sur charge capacitive

**Puissance efficace :** 36 W  
**Sensibilité d'entrée :** 800 mV  
**Puissance impulsionnelle :** 38 W  
 (Gain de 2 W ou 5,5 %)

**Rapport signal/bruit :** LIN : 83 dB  
 Pondéré : 98 dB  
**Diaphonie :** 73 dB

## Distorsion par harmoniques totale

Fréquences	29 W (- 1 dB)	18 W (- 3 dB)	9 W (- 6 dB)	5 W
100 Hz	0,85 %	0,90 %	0,90 %	1,00 %
1 kHz	0,90 %	0,95 %	0,95 %	1,00 %
10 kHz	1,10 %	1,20 %	1,30 %	1,25 %

nécessaires au passage des prises à l'arrière de l'appareil.

Les repérages s'obtiennent en s'aidant de la figure 14 qu'il suffit de reproduire sur la face arrière, sachant que l'axe central se situe à 125 mm du bas.

Nous vous conseillons de prévoir des découpes de  $\varnothing 18$  mm pour laisser le libre passage aux prises mâles : borniers HP ou CINCH.

## LES MESURES

Nous avons relevé des tensions filtrées de  $\pm 35$  V destinées aux étages de puissance après les selfs L1 et L2 et des tensions de  $\pm 30$  V pour les étages préamplificateurs (tensions ajustées précédemment pour les OPA445).

Pour vérifier le bon fonctionnement des régulateurs LM317HVK, il suffit de relier le cordon (-) de votre multimètre commu-

té en position Vdc au (-) de l'alimentation et de plaquer la «pointe de touche» du cordon rouge (+) sur le boîtier métallique de chacun des régulateurs.

On doit mesurer les tensions de l'ordre de 0,38 V là où il y a les résistances de 3,3  $\Omega$  et 0,55 V là où il y a les résistances de 0,82  $\Omega$ .

Sur le prototype, nous avons mesuré un courant de repos de 1,99 A pour le canal droit et 1,93 A pour le canal gauche.

L'absence de tension sur un régulateur indique que celui-ci est détruit, ce qui n'empêche pas le fonctionnement de l'amplificateur qui dans ce cas fournit moins de puissance. Le Single End peut fonctionner avec un seul régulateur.

## LA VENTILATION

Nous avons prévu la possibilité de visser des ventilateurs de 40x40x20 mm aux

flasques des coffrets C170 (voir figure 9). Après avoir fait fonctionner le SINGLE-END à maintes reprises pendant de longues heures sans interruption, nous n'avons constaté aucune anomalie, ce qui indique que les radiateurs, même s'ils sont portés à une température de 50 à 60°C, assurent une parfaite stabilité à l'amplificateur.

Le prototype est donc dépourvu de ventilation pour cette version de 2x40 Weff. Cependant, si vous souhaitez faire descendre la température de fonctionnement de votre appareil, il vous suffit de relier en série deux ventilateurs de 24 V et de connecter ceux-ci aux bornes du condensateur de filtrage C1.

La sous-alimentation des ventilateurs en +38 V les fera tourner avec un minimum de bruit.

**Bernard Duval**

# DISPOSITIF D'ALIMENTATION POUR LE RETRO-ECLAIRAGE DES MODULES LCD

La plupart des afficheurs LCD étant dotés d'un dispositif de rétro-éclairage, ce module devrait répondre à la grande majorité des situations. La mise en œuvre d'un convertisseur à découpage intégré permet d'obtenir un montage compact et un rendement excellent.

Les périphériques d'affichage à cristaux liquides sont devenus incontournables sur les dispositifs alimentés par une batterie en raison de leur consommation extrêmement faible. Malheureusement, le faible contraste de ces afficheurs est largement tributaire de la luminosité ambiante et de l'angle de vue. Certes, l'apparition des panneaux de rétro-éclairage a considérablement amélioré la lisibilité des modules LCD. Se pose alors le problème de la consommation de ces panneaux lorsque l'alimentation principale est une batterie ou une cellule photovoltaïque. En effet, le dispositif de rétro-éclairage est assez gourmand en énergie.

## DISPOSITIF D'ALIMENTATION À DÉCOUPAGE

Les panneaux d'éclairage utilisent principalement des réseaux de diodes électroluminescentes dont les caractéristiques varient sensiblement d'un modèle à l'autre. En ce qui concerne l'afficheur rétro-éclairé à liaison série référencé **HAC-162J**, l'éclairage est optimal si on applique une tension de 3,8 V sur l'anode du panneau électroluminescent (la broche K doit être reliée à la masse). Dans le cas du module rétro-éclairé de 128x64 pixels référencé **GDM12864A**, l'éclairage est optimal si on lui applique une tension de 5,2 V. Une solution élégante à l'alimentation de ces panneaux consiste à utiliser le convertisseur à

découpage intégré **LM2574N-ADJ**, dont l'organisation interne est indiquée en **figure 1**. Ce circuit intègre de nombreuses fonctions. Au niveau de l'alimentation, citons un régulateur interne, un comparateur, une référence de 1,23 V et un oscillateur à 52 kHz. Au niveau de la sécurité, on peut remarquer une limitation de courant et une protection thermique.

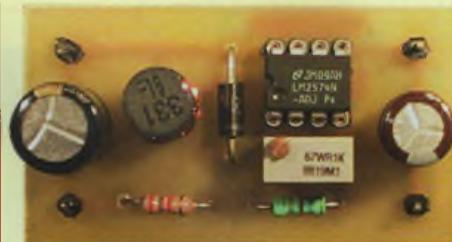
## PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU MONTAGE

Le principe de la régulation est illustré sur le schéma fonctionnel de la **figure 2a**. Dans ce montage, le transistor ballast est piloté en mode bloqué (**Toff**) ou saturé (**Ton**). Lorsque le transistor est saturé (**figure 2b**), la variation de courant positive  $\Delta I_L$  dans la self peut donc s'écrire sous la forme suivante :

$$\Delta I_L = \frac{V_{in} - V_{out}}{L} \times T_{on}$$

Lorsque le transistor est bloqué (**figure 2c**), le courant ne peut pas s'annuler instantanément dans la self du fait de l'énergie accumulée précédemment. Il continue alors à circuler dans la diode D de récupération (dite également de «roue libre»). Le courant décroît toutefois dans la self et, si on néglige la chute de tension dans la diode, la variation  $\Delta I_L'$  est donnée par la relation suivante :

$$\Delta I_L' = \frac{V_{out}}{L} \times T_{off} \quad (\text{avec } T_{off} = T - T_{on})$$



Les variations de courant étant identiques pour ces deux phases (ce qui est vérifié sur les chronogrammes de la **figure 2d**), on peut en déduire la relation suivante :

$$\frac{V_{in} - V_{out}}{L} \times T_{on} = \frac{V_{out}}{L} \times (T - T_{on})$$

On remarque que la tension de sortie ne dépend ni de la valeur de la self, ni de la valeur du condensateur (cas idéal, qui suppose les pertes nulles dans la diode et le transistor !). Ainsi, après simplification de la relation précédente, on peut en déduire  $V_{out}$  :

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{T_{on}}{T}$$

Puisque le transistor ne conduit qu'en mode saturé, on peut considérer que les pertes restent pratiquement négligeables. Le fabricant du **LM2574** indique un rendement de l'ordre de 75 % dans les conditions de fonctionnement de notre montage. On en déduit les rapports de courant d'entrée et de sortie :

$$V_{out} \times I_{out} = 0,75 \times V_{in} \times I_{in} \Rightarrow \frac{V_{out}}{V_{in}} = 0,75 \times \frac{I_{in}}{I_{out}}$$

### Calcul de la valeur de la self :

La valeur qui doit être donnée à la self est obtenue à partir de la relation suivante :

$$L = \frac{T \times V_{out} \times (V_{in} - V_{out})}{V_{in} \times \Delta I_L}$$

La variation de courant dans la self correspond ici aux variations du courant de sortie. Contrairement au montage précédent, l'ondulation de  $V_{out}$  ne dépend pas uniquement de C, mais est aussi proportionnelle à  $\Delta I_L$ .

Fixons sa valeur maximale à une valeur raisonnable de 1/3 de  $I_{out}$  (soit 33 %). Le courant de sortie maximal du LM2574 étant de 0,5 A,  $\Delta I_L = 0,166$  A. Précisons que la période de hachage T est de 19  $\mu s$  pour le LM2574 (Fh=52 kHz). On peut en déduire la valeur de L sachant

Figure 1

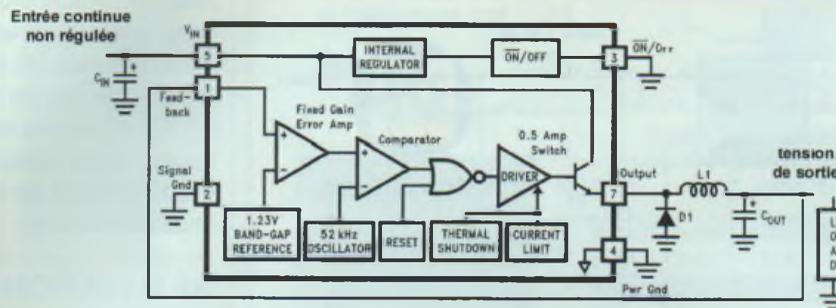


Figure 2

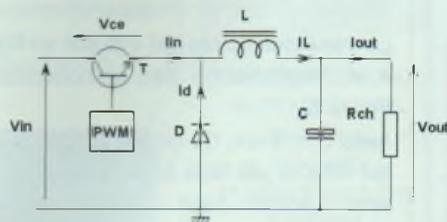


Figure 2a: principe de la régulation

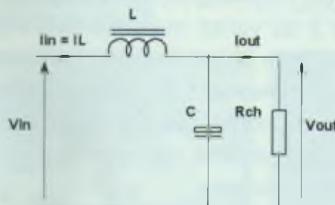


Figure 2b: transistor saturé

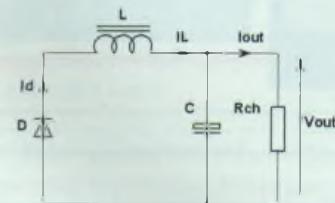
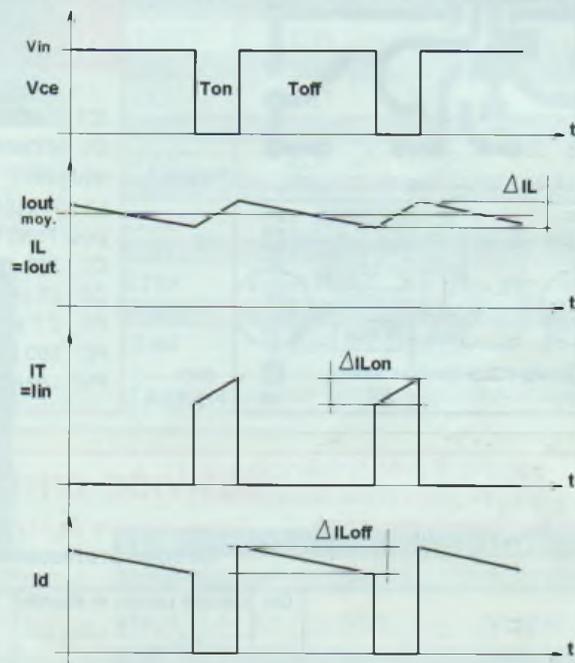


Figure 2c: transistor bloqué

Figure 2d: chronogrammes de fonctionnement du hacheur



que la tension d'entrée est de l'ordre de **12 V** et que celle de sortie avoisine les **5 V** (valeur moyenne estimée) :

$$L = \frac{19 \times 5 \times (12 - 5)}{12 \times 0,166} \times 10^{-6} = 330 \mu\text{H}$$

### Calcul du condensateur de sortie :

La détermination de la valeur du condensateur est un peu plus délicate. Contentons nous d'utiliser la relation approchée suivante :

$$C = \frac{T \times \Delta I_L}{4 \times \Delta V_{out}}$$

Pour fixer les idées, fixons l'ondulation résiduelle de la sortie à **40 mV** (soit 0,04 V). Avec un  $\Delta I_L$  à 0,166 A et la période

de de hachage **T** de **19  $\mu\text{s}$**  la valeur de **C** devra être supérieure à **200  $\mu\text{F}$**  :

$$C = \frac{19 \times 1,66}{4 \times 0,04} \times 10^{-6} = 200 \mu\text{F}$$

Encore faut-il tenir compte de la résistance interne (ESR) du condensateur si on ne veut pas aggraver l'ondulation de sortie.

### Calcul de la tension de sortie :

Le convertisseur intégré assure la commande du transistor ballast à partir de la tension de référence appliquée sur la broche 4.

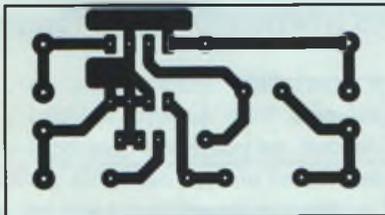
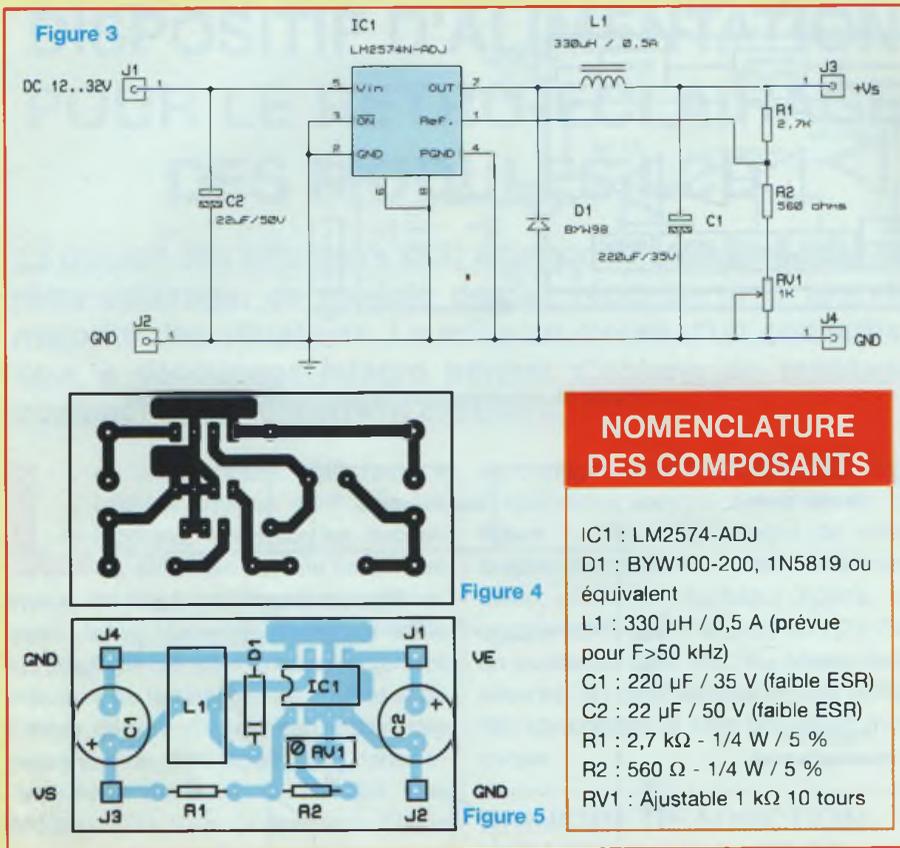
La référence interne étant fixée à **1,23 V**, la régulation veillera à toujours conserver

une tension identique sur cette broche. La tension de sortie du montage de base de la figure 1 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 4, comme le propose le montage de la **figure 3**. IC1 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 :

$$V_{out} = 1,23 \text{ V} \times \left( 1 + \frac{R1}{R2 + RV1} \right)$$

# ALIMENTATION POUR MODULE LCD



## NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

- IC1 : LM2574-ADJ
- D1 : BYW100-200, 1N5819 ou équivalent
- L1 : 330 µH / 0,5 A (prévue pour F > 50 kHz)
- C1 : 220 µF / 35 V (faible ESR)
- C2 : 22 µF / 50 V (faible ESR)
- R1 : 2,7 kΩ - 1/4 W / 5 %
- R2 : 560 Ω - 1/4 W / 5 %
- RV1 : Ajustable 1 kΩ 10 tours

Figure 4

Figure 5

Avec les valeurs proposées pour le pont diviseur, RV1 permet de régler avec précision la tension de sortie entre 3 V et 7 V. Bien que le courant de sortie soit limité à 0,5 A par les caractéristiques du convertisseur, cette valeur s'est avérée largement suffisante sur tous les modules que nous avons testés.

## RÉALISATION DU MODULE D'ALIMENTATION

Le tracé des pistes est indiqué en **figure 4** et l'implantation des composants en **figure 5**.

Avec 3 x 5 cm de circuit simple face, il est difficile de faire plus simple. La tension d'entrée peut d'ailleurs atteindre 32 V sans risque pour le hacheur. A l'usage, il est conseillé de régler la tension de sortie à sa valeur minimale avant d'alimenter pour la première fois un panneau électroluminescent. Signalons également que ce module pourrait avantageusement équiper tout montage logique alimenté par batterie.

Bernard Dalstein

## SERVICE CIRCUITS IMPRIMÉS

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

	Qté	Circuits percés et étamés		Total
		Prix		
		en francs	en euro	
* Le micro-contrôleur SX28				
- Carte SX28 à trous métallisés		110,00 F	16,77 €	
- Carte clavier (Led n°172)		54,00 F	8,24 €	
- Carte affichage		56,41 F	8,60 €	
- Carte analyseur de spectre (double face)		88,55 F	13,50 €	
* Ampli classe A				
- Carte de commande		22,30 F	3,40 €	
- Carte filtrage ±U		110,20 F	16,80 €	
* Le rétro-éclairage		10,50 F	1,60 €	
* Alimentation haute tension		38,05 F	5,80 €	
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**

5, boulevard Ney, 75018 Paris

Tél. : 01 44 65 88 14

# FREQUENCE TUBES

La passion des tubes

**PLUS DE  
1000 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



**Electronique J.C. Verdier**

PRÉAMPLI, AMPLI DE 3 À 40 W



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

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



CÂBLES MPC AUDIO  
SECTEUR, MODULATION  
ET NUMÉRIQUE  
FABRICATION FRANÇAISE



## TUBES ELECTRO HARMONIX

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

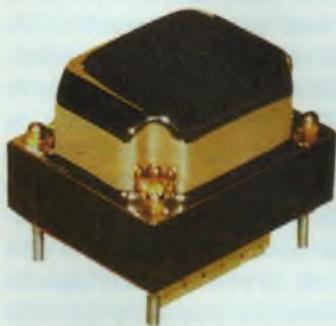
300 B	E.H.	210 E	(1 377,51 FF)	TTC
300 B Gold	E.H.	255 E	(1 672,69 FF)	TTC
6550	E.H.	49 E	(321,42 FF)	TTC
EL 34	E.H.	24 E	(157,43 FF)	TTC
6CA7	E.H.	38 E	(249,26 FF)	TTC
6L6 GC	E.H.	29 E	(190,23 FF)	TTC
6V6 GT	E.H.	18 E	(118,07 FF)	TTC
12AX7	E.H.	20 E	(131,19 FF)	TTC
7591	E.H.	35 E	(229,58 FF)	TTC
6CG7	E.H.	30 E	(196,79 FF)	TTC
6SN7	E.H.	30 E	(196,79 FF)	TTC
12AY7	E.H.	16 E	(104,95 FF)	TTC
12BH7	E.H.	22 E	(144,31 FF)	TTC
12AU7	E.H.	21 E	(137,75 FF)	TTC
12AT7	E.H.	20 E	(131,19 FF)	TTC
KT88	E.H.	66 E	(432,93 FF)	TTC
5U4GB	E.H.	22 E	(144,31 FF)	TTC
EL84	E.H.	18 E	(118,07 FF)	TTC

DISPONIBILITÉ D'UN VASTE ASSORTIMENT DE TUBES AMÉRICAINS.  
Tous nos tubes sont triés et appariés par quantité sur banc dynamique

## TRANSFORMATEURS AUDIO (Fabrication française : MAGNETIC SA)

TYPE	Z	CAPOT	CUVE
PUSH EL84	8000	38,00 €	53,00 €
PUSH EL34	3800	54,00 €	65,00 €
300B	3000	68,00 €	86,00 €
300B	3000	PRESTIGE	183,00 €
PUSH 6C33	3000	TORIQUE	50,00 €
845 SE	9000		125,00 €
PUSH 6550	3800	68,00 €	86,00 €
QUATUOR 6V6	1250	54,00 €	65,00 €
SELF	5HY 03A	25,00 €	38,00 €
SELF	10HY 03A	29,00 €	42,00 €
SELF	10HY 05A	37,00 €	49,00 €
ALIM	150VA	43,00 €	54,00 €
ALIM	250VA	53,00 €	68,00 €
ALIM	350VA	65,00 €	82,00 €
ALIM	500VA	83,00 €	110,00 €

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



Capot nickelé poli



Cuve peinture au four  
Transfo moule résine

LED N°169  
PUSH PULL 845 - SCHEMA R. CARIOU

TRANSFO ALIM : 115,00 €  
TRANSFO SORTIE : 86,00 €  
INDUCTANCE : 52,00 €  
INTERETAGE : 65,00 €

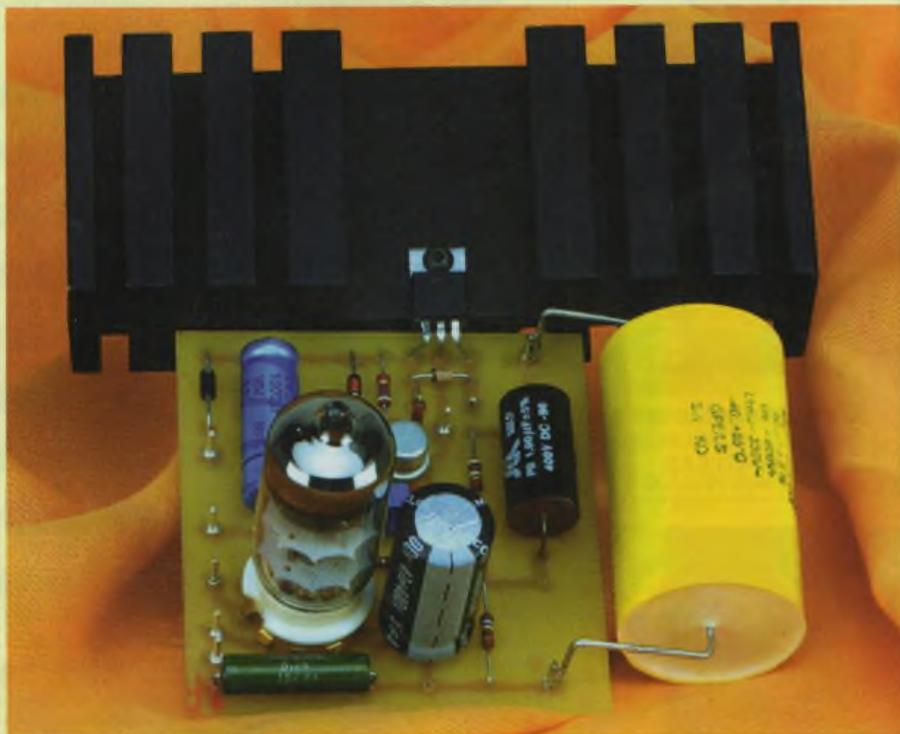
### CONSULTEZ-NOUS

POUR TOUTES VOS DEMANDES SPÉCIALES  
NOUS FABRIQUONS SELON VOS SPÉCIFICATIONS

79, RUE D'AMSTERDAM - 75008 PARIS - TÉL. 01 40 16 45 51 - 01 40 16 46 51 - FAX : 01 40 23 95 66

Site : [magnetic.com.free.fr](http://magnetic.com.free.fr) - OUVERT LE LUNDI DE 14 H À 19 H, ET DU MARDI AU SAMEDI DE 10 H À 19 H

## LES ALIMENTATIONS POUR AMPLIFICATEURS À TUBES



Après avoir passé en revue les alimentations passives et leurs cousines stabilisées, nous allons aujourd'hui nous intéresser aux alimentations régulées à travers l'étude d'un montage très performant présentant de très bonnes caractéristiques en terme de bruit et de stabilité.

**L**es alimentations régulées constituent le 2<sup>ème</sup> type d'alimentations actives qui, à la différence du type stabilisé, fait usage de dispositifs de contre-réaction. Cette utilisation, bien que présentant des avantages certains, se voit souvent accusée de tous les maux par certains puristes. Comme dans le cas des amplificateurs, cette contre-réaction doit être bien appliquée et surtout appliquée à un montage déjà performant, afin de cumuler les avantages. Une mauvaise mise en œuvre et un mauvais calcul aboutira inévitablement au défaut principalement rencontré dans les alimentations stabilisées

qu'est le manque de rapidité des circuits. La lecture du livre de M. Benaya «Construction des appareils audio» explique très bien ce phénomène et les inconvénients qui y sont liés, manque d'efficacité dans les fréquences aiguës et problèmes de stabilité en particulier. Il faudra donc exiger d'une alimentation régulée un temps de réponse très court, ce qui n'est pas toujours évident à obtenir, que le montage fasse usage de tubes ou de semi-conducteurs. L'avantage de taille que présente l'application de la contre-réaction est la possibilité d'abaisser de façon spectaculaire l'impédance de sortie.

### ALIMENTATION À 6DQ6A

Si les alimentations régulées souffrent souvent d'une mauvaise réputation, celle-ci est souvent fondée sur le manque de rapidité avec lequel elles répondent aux sollicitations. Ce défaut inhérent aux alimentations régulées traditionnelles à tubes est dû à l'emploi quasi systématique de triodes à grand gain et  $\rho$  élevé ou encore de pentodes pour la partie amplificatrice d'erreurs. Cet usage conduit à l'obtention d'une bande passante particulièrement étroite, d'autant que les tubes ballasts communément employés comme les 6080 possèdent toujours des capacités d'entrée non négligeables. Il est alors évident que la constante de temps  $\rho \times C_{in}$  est élevée et pénalise fortement les performances en régime dynamique. Afin d'obtenir un gain important, le choix s'est porté ici sur une triode à fort gain mais présentant une faible résistance interne, et donc une pente élevée. J'affectionne particulièrement les triodes à grille cadre, à mon sens les seules qui permettent l'obtention de performances poussées, au prix, il est vrai, d'une utilisation devant s'accompagner de quelques précautions. Ainsi, une EC 86 remplie ici le rôle d'amplificateur d'erreur comme l'indique la **figure 1**. Toute variation de la tension de sortie se verra amplifiée et envoyée sur la grille du tube ballast en inversion de phase. J'ai choisi d'utiliser pour ce ballast une tétrode à faisceaux dirigés de balayage TV 6DQ6A, qui s'acquittera de cette tâche tant que le courant débité restera inférieur à 100 mA (400 mA en pointe). Ce type de tube présente plusieurs avantages. Le premier et le plus important est de présenter une capacité d'entrée beaucoup plus faible que celle d'une triode de puissance équivalente, ce qui conduit à l'obtention d'une constante de temps particulièrement faible si l'on considère le produit  $\rho EC86 \times C_{in}$ . Le 2<sup>ème</sup> avantage, et non le moindre, est qu'une tétrode peut condui-

# L'IMPORTANCE DE L'ALIMENTATION

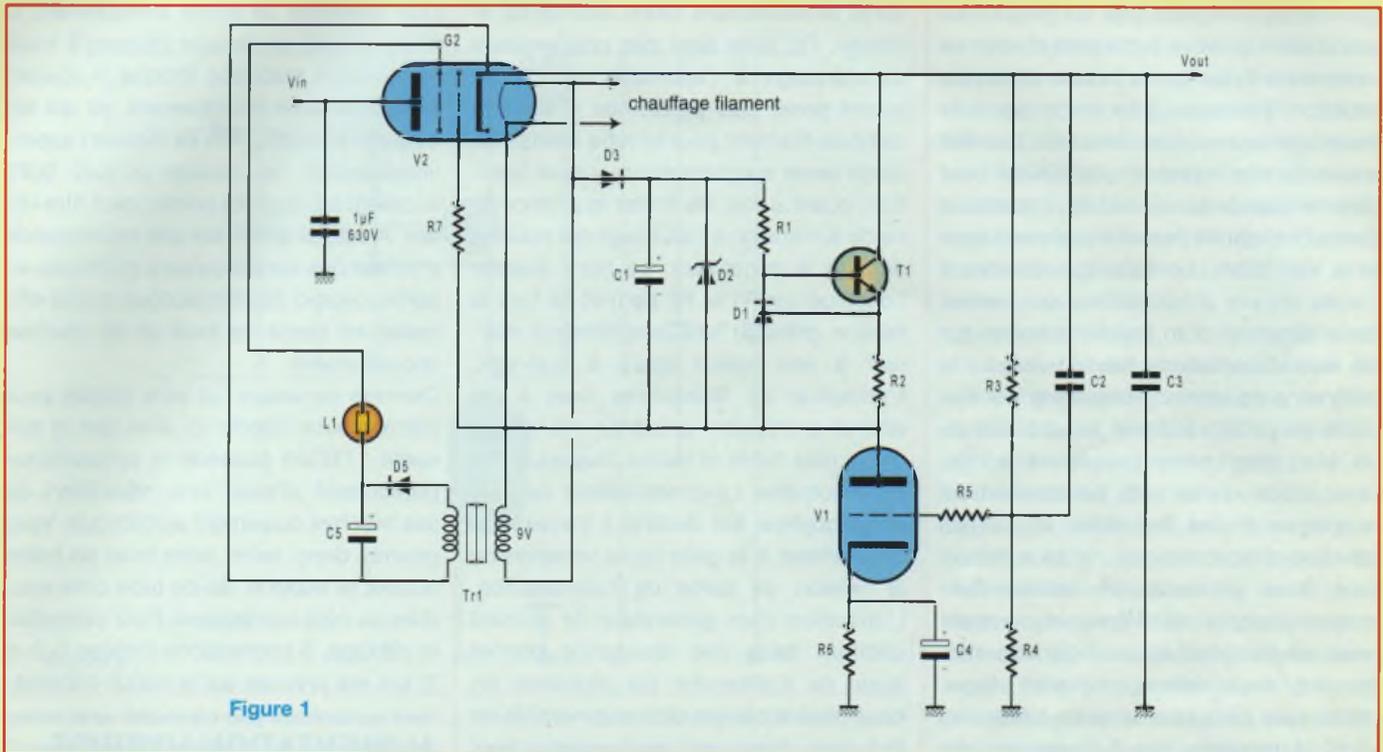


Figure 1

re beaucoup plus de courant pour les Vak faibles qu'une triode, et peut aussi généralement supporter des tensions plus élevées. La 6DQ6A s'accommodera sans problèmes de tensions Vak aussi importantes que 700 V, ce qui garantit sa sauvegarde en cas de court-circuit. L'emploi d'une alimentation stabilisée classique à tube triode nécessite en amont une tension supérieure de 100 ou 150 V à la tension de sortie. Il ne faut pas oublier que lors d'appels de courants importants (crêtes de modulation), la tension en amont de l'alimentation stabilisée peut baisser de façon drastique et limiter la tension Vak du tube ballast ne permettant plus à celui-ci de fournir tout le courant nécessaire au bon fonctionnement du montage : la tension de sortie s'effondre alors. La solution classique pour limiter les dégâts est souvent de choisir un tube à faible résistance interne et d'augmenter de façon démesurée la valeur du condensateur de la cellule de filtrage en amont et celle de la capacité connectée en sortie de l'alimentation. L'emploi de tétrodes va permettre au

contraire de pouvoir obtenir des courants importants avec des tensions Vak faibles. Dans le cas de l'alimentation décrite ici, une tension Vak de 75 V permet d'obtenir 200 mA en sortie, ce qui a pour avantage de limiter ainsi la puissance dissipée par le tube ballast. Le principal inconvénient à l'emploi d'une tétrode est la nécessité d'alimenter la grille écran séparément ce qui oblige à disposer d'une tension supplémentaire. Cette nécessité ne doit cependant pas effrayer le lecteur intéressé. Cette tension peut facilement être obtenue à l'aide d'un petit transformateur 230 V -> 9 V connecté en parallèle sur le filament du tube ballast. La puissance requise par la grille écran est faible. Lorsque l'alimentation régulée débitera 100 mA et que la tension Vak sera minimale (disons 75 V), la grille écran ne nécessitera tout au plus que 30 mA. La tension aux bornes de sortie du petit transformateur élévateur n'étant que de l'ordre de 150 V (230x6/9), celui-ci ne devra fournir que moins de 5W. Un modèle 20 VA sera parfaitement adapté, un 10 VA pouvant présenter une

résistance d'enroulement trop importante pouvant conduire à une chute de la tension écran sur les crêtes de modulation, ce qui serait pénalisant. Un simple redressement filtrage en sortie du transformateur permettra d'obtenir environ 200 V continu lorsque l'alimentation ne débitera pas, tension dangereuse pouvant conduire à la destruction rapide de la grille écran du ballast par surchauffe si aucune précaution n'est prise. A cet effet sera connectée en série avec cette grille une lampe de 15 W / 230 V (éclairage de four par exemple...) qui présentera une chute de tension négligeable à ses bornes lorsque le courant sera faible, mais qui augmentera fortement avec le courant la traversant, protégeant ainsi la grille. Précisons qu'une simple résistance serait ici beaucoup moins efficace de par sa caractéristique tension-courant linéaire. Cette lampe sera très utile car elle évitera la destruction du ballast en cas de panne du circuit alimenté qui se traduirait par un courant de plaque nul. L'ondulation résiduelle présente en sortie de la cellule de filtrage et donc sur la

## TUBE OU MOSFET EN BALLAST

grille écran ne pose pas de problèmes particuliers puisque cette perturbation se retrouve annulée par la boucle de contre réaction. Précisons à ce stade que si le montage connecté ne demande pas des courants très importants, la 6DQ6A peut être remplacée par une EL86, imbattable lorsqu'il s'agit de fournir du courant avec une Vak faible. La topologie du circuit recèle encore d'une astuce qui permet de s'affranchir d'un problème technique lié aux alimentations haute tension : la référence de tension nécessaire à la stabilité du circuit. Comme nous avons pu le voir dans notre précédent article, une diode zener est communément employée à ces fins avec un certain nombre d'inconvénients, le plus important étant sa mauvaise stabilité thermique. L'emploi de références compensées en température peut paraître intéressant, mais celles-ci ne sont disponibles que pour des tensions inférieures à 10 V, tensions bien évidemment trop faibles lorsqu'il s'agit de concevoir une alimentation HT. Le problème a été résolu là encore en se servant d'une source de courant très stable débitant dans une résistance à faible coefficient de température, qui n'est autre que la résistance  $R_k$  du tube amplificateur d'erreur. On obtient ainsi aux bornes de celle-ci une tension remarquablement stable, bien que sa valeur soit de l'ordre de 200 V. Cette valeur, intentionnellement élevée, permet de limiter la tension aux bornes du tube amplificateur à environ 200 V, ce qui permet d'utiliser une très performante triode à grille cadre qui ne pourrait supporter des tensions très supérieures. Notons au passage que ce tube dont l'anode est chargée par le générateur de courant, va présenter un gain et une linéarité maximum. Le générateur constitué autour du TL 431 commandant la base d'un transistor 2N3440 peut fournir un courant variant entre 4 à 6 mA, valeur compatible avec l'EC86, compte tenu de la valeur de  $R_E$ . Le générateur de courant constant se voit alimenté par la même tension que le filament du tube ballast

après redressement mono alternance et filtrage. On évite ainsi des phénomènes de claquage à l'allumage sans pour autant poser des problèmes d'isolation cathode-filament pour le tube ballast. La diode zener supplémentaire a pour fonction, quant à elle, de limiter le phénomène de surtension à l'allumage qui pourrait détruire le générateur. Le pont diviseur constitué par  $R_1$  et  $R_2$  permet de fixer la tension grille du tube amplificateur d'erreur à une valeur égale à  $V_{ref}-V_{gk}$ . L'utilisation de résistances fixes à cet endroit particulier présente l'avantage d'être plus fiable et moins bruyant qu'un potentiomètre. Le condensateur de 1  $\mu F$  polypropylène est destiné à transmettre directement à la grille toute variation de la tension de sortie de l'alimentation. L'utilisation d'un générateur de courant débitant dans une résistance permet aussi de s'affranchir du problème du bruit généré par les diodes zeners. Si un fort découplage est envisageable pour ces composants pour des tensions de l'ordre de la dizaine de volts, il n'en est pas de même lorsqu'il s'agit de tensions 20 fois plus élevées. L'utilisation d'un condensateur chimique de forte valeur constituerait un surcoût non négligeable et apporterait une constante de temps indésirable à la mise sous tension, ce qui pourrait avoir pour conséquence de porter l'EC86 à une tension Vak destructrice, les tubes à grille cadre supportant mal, rappelons le, ce genre d'agression. La valeur de la résistance de cathode de la triode servant de référence de tension étant de 39 k $\Omega$ , un condensateur de 47  $\mu F$  fera parfaitement l'affaire. Notons qu'une valeur plus basse pourrait suffire, mais l'expérience fait apparaître une réduction sensible du bruit dès que l'on dépasse 10  $\mu F$ . Il sera prudent à cet endroit de prévoir une marge de sécurité en optant pour un modèle 385 V, sachant que la tension à ses bornes sera de l'ordre de 200 V. Afin d'améliorer encore les performances du montage, un condensateur de 10  $\mu F$  au papier huilé, modèle 630 V, sera connecté en sortie. Son utilisation a

pour avantage de limiter sensiblement le dépassement de tension inhérent à toute alimentation stabilisée lorsque le courant de charge varie brusquement, ce qui est fréquent en audio. Afin de faciliter l'approvisionnement, un modèle polypro SCR, excellent sur tous les points, peut être utilisé. Ajoutons qu'il n'est pas recommandé d'utiliser des condensateurs chimiques en sortie, ceux-ci étant beaucoup moins efficaces en terme de bruit et de réponse impulsionnelle.

Dernière remarque qui sera valable pour l'alimentation décrite ici ainsi que la suivante : l'EC86 possède la sympathique particularité d'avoir une répartition de ses broches quasiment symétrique. Vous pourrez donc, selon votre mise en boîte, souder le support de ce tube côté soudeuse ou côté composant. Pour permettre le câblage, 3 connections (notées 1, 2 et 3) ont été prévues sur le circuit imprimé.

### ALIMENTATION HYBRIDE

L'alimentation décrite ci-dessus présente de bonnes performances et l'intérêt de pouvoir fonctionner sous des tensions supérieures à 500V. Nous allons voir maintenant comment parvenir à des résultats encore meilleurs à l'aide de transistors, et ce à partir du même circuit imprimé.

Comme nous pouvons le remarquer, les MOS possèdent des réseaux de caractéristiques  $I_{ds}=f(V_{gs})$  très similaires à ceux des pentodes et qu'à l'instar de celles-ci, ils se commandent en tension et non en courant comme les bipolaires. Les MOS de puissance possèdent cependant des caractéristiques bien plus intéressantes que leurs illustres ancêtres en ce qui concerne le gain et la transconductance qui peut atteindre plusieurs A/V alors que quelques dizaines de mA/V constituaient un maximum pour les tubes. De plus, la résistance à l'état saturé de ces transistors est de l'ordre de l'ohm, 100 à 1000 fois moins que pour les pentodes. Tout cela nous amène à nous interroger : les MOS aujourd'hui disponibles en haute tension ne seraient-ils pas les succes-

# L'IMPORTANCE DE L'ALIMENTATION

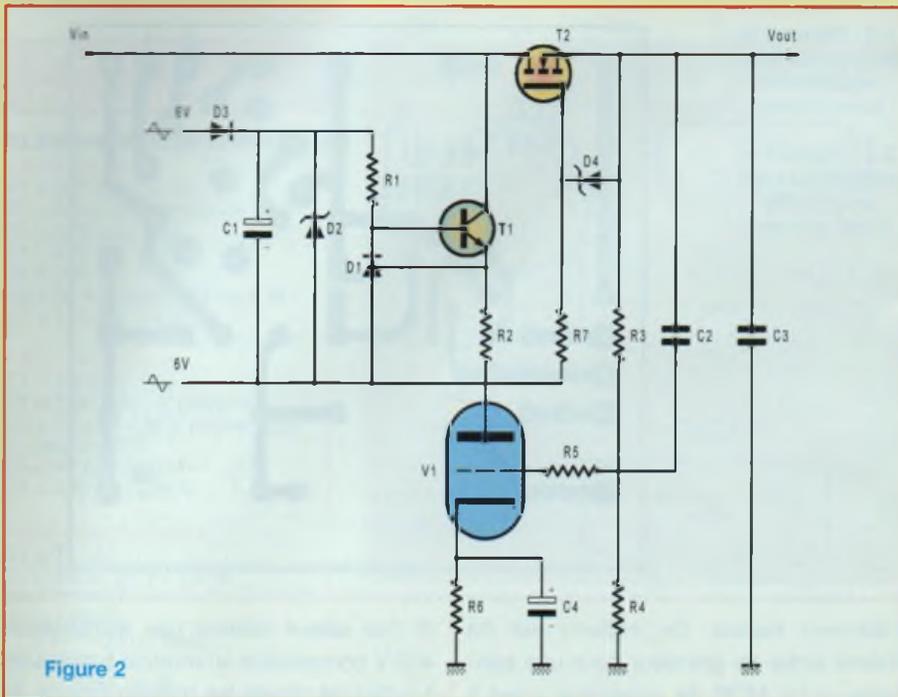


Figure 2

seurs tout désignés des vénérables pentodes pour être utilisés dans une alimentation ou un amplificateur ? L'idée est séduisante mais il nous faut cependant considérer les inconvénients que peut présenter cette substitution : en effet, les transistors MOS possèdent des défauts congénitaux dont il va falloir tenir compte... Le premier de ces défauts est simplement que le MOS n'est pas un tube ! Ainsi, les surcharges que tolèrent sans ennui les pentodes, que ce soit en terme de tension, courant ou dissipation, ne le seront pas avec les MOS : de sérieuses marges de sécurité devront être fixées en conséquence. De plus, il ne faudra jamais perdre de vue que ces transistors ne supportent qu'une excursion de tension gate-source relativement faible par rapport aux tubes ( $\pm 20$  V) et qu'ils devront par conséquent avoir leur gate protégée. Mais l'inconvénient le plus sérieux vient du fait que la capacité d'entrée des MOS de puissance est notoirement plus importante que la capacité grille-cathode d'une pentode de puissance équivalente...100 à 1000 fois plus élevée (c'est le corollaire de la transconductance !). Ainsi, si l'on veut

bénéficier des avantages de ces semi-conducteurs, il sera impératif de contrôler leur gate à partir d'une source à basse impédance sous peine de voir le circuit fortement pénalisé en terme de vitesse et de bande passante. Mais à tout bien réfléchir, les MOS vont nous permettre, malgré ces limitations, de se passer d'alimentation filament et de tension d'écran, ce qui va grandement alléger la réalisation de l'alimentation : c'est là un grand bénéfice et n'attendons plus un instant pour les utiliser !

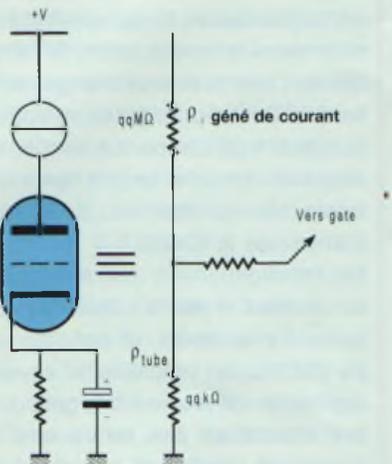
Le schéma de la **figure 2** est quasiment identique à celui de l'alimentation à pentode. Nous devons simplement tenir compte du fait que les MOS nécessitent d'avoir leur gate polarisée positivement par rapport à leur source pour permettre le passage d'un courant, à l'inverse des tubes (ceci n'est vrai que pour les MOS à enrichissement qui constituent les seuls modèles disponibles en haute tension et forte puissance). La solution la plus simple pour assurer une polarisation correcte du MOS est de déplacer la branche constituée de la triode EC86 et du générateur de courant pour la disposer en amont du ballast. Ainsi, nous allons pou-

voir obtenir à l'anode de la triode une tension supérieure à la tension de sortie de l'alimentation, ce qui aurait été impossible dans la configuration SRPP précédente. C'est là le seul changement entre les 2 alimentations, qui va se traduire sur le circuit imprimé par un simple strap à déplacer : branche amplificatrice d'erreur connectée au drain du MOS ou à la cathode de la 6DQ6A !

Le fonctionnement du montage reste strictement le même : toute variation de la tension en sortie, et donc sur la grille de l'EC86, est amplifiée et envoyée en opposition de phase sur la gate du MOS, qui, conduisant plus de courant, contribuera à la stabilité de la tension de sortie. Mais qu'en sera-t-il de la rapidité de réponse du circuit, critère de la plus haute importance ? Si l'on considère une capacité gate-source de quelques centaines de pF, nous allons voir qu'il est possible, grâce aux qualités de l'EC86, de préserver des performances très satisfaisantes. En effet, cette triode dont la résistance interne n'excède pas 6 à 7 k $\Omega$  sous 5 mA va permettre de contrôler la gate du MOS sous une impédance relativement faible et obtenir une grande rapidité, conséquence du fort taux de contre-réaction du montage qui découle lui-même du gain élevé du tube. Afin de pouvoir bénéficier de ce gain, notons qu'il faudra nécessairement découpler efficacement la cathode de la triode, comme pour un étage amplificateur, sans quoi les performances du montage seraient tirées vers le bas. Il est important de remarquer ici que ce circuit, même s'il ressemble beaucoup au précédent, ne repose plus sur une structure SRPP : en effet, les éléments actifs ne sont plus en série, mais constituent en fait 2 étages bien distincts montés en cascade. Ainsi, on pourrait s'attendre à ce que la régulation ligne et le résidu d'ondulation en sortie d'alimentation soient moins avantageux que dans la configuration du circuit SRPP. Il n'en sera rien pourtant si l'on considère que c'est le rapport de la valeur de la résistance

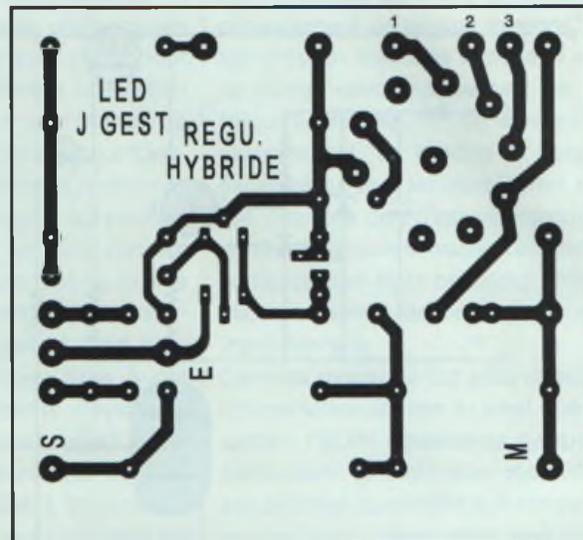
## TUBE OU MOSFET EN BALLAST

Figure 3



1-2 : filament si support du tube soudé côté composants.

2-3 : filament si support du tube soudé côté pistes cuivrées.



équivalente du générateur de courant (plusieurs  $M\Omega$ ) et de la valeur de la résistance interne du tube amplificateur d'erreur qui conditionne le taux d'ondulation en sortie. Cela apparaît très clairement à la vue du schéma équivalent de la branche tube + générateur de courant (figure 3) : on obtient un simple diviseur de tension et l'ondulation à l'anode du tube sera d'autant plus faible que le rapport :

$$\frac{\rho_{\text{tube}}}{\rho_{\text{tube}} + \rho_{\text{générateur de courant}}} \text{ le sera.}$$

On voit bien que ce n'est pas le fait d'avoir une pentode en série avec le générateur de courant (circuit SRPP) ou pas qui changera beaucoup les choses : l'ondulation en sortie sera toujours très faible.

En ce qui concerne la régulation ligne, la structure du circuit change ici peu de choses, le seul paramètre important étant la valeur de la résistance interne de

l'élément ballast. Or, celle-ci est du même ordre de grandeur pour une pentode ou un MOS de puissance, c'est à dire quelques dizaines de  $k\Omega$ . De ce fait, il faut s'attendre à obtenir des résultats sensiblement identiques pour les deux alimentations sur ce critère.

En ce qui concerne la tension de sortie, l'expérience m'a appris à être prudent avec les MOS et à prendre, de fait, des coefficients de sécurité de 2. Ainsi, il me semble prudent de limiter cette tension à 2 ou 300 V si l'on utilise des transistors répandus comme les IRF 830 ou 840. Le choix des composants présentés en nomenclature correspond à ces valeurs de tension.

Il faut savoir qu'en tous les cas, le MOS doit être capable de supporter la tension disponible en amont du circuit car il ne faut jamais oublier qu'à l'instant de l'allumage se produit un véritable court-circuit transitoire des condensateurs.

Si l'on désire obtenir une alimentation 400 V comparable au modèle à pentode, il suffira de choisir les mêmes valeurs de composants que pour cette dernière. Il faudra alors prévoir un MOS possédant un  $V_{ds}$  max de l'ordre du kV, du genre BUZ50.

Malheureusement, ces transistors possèdent aussi une capacité gate-source au moins 2 fois supérieure à celle des IRF, ce qui impliquera une vitesse de réponse moindre de l'alimentation, d'autant que leur transconductance est plus faible que ces derniers...

Dernière remarque : afin d'éliminer tout risque d'oscillation du circuit, il sera impératif d'enfiler une perle de ferrite directement sur la connexion de gate du MOS et de monter une résistance de  $220 \Omega$  en série sur cette broche. La diode zener 16 V n'a pour seule utilité que de limiter la tension  $V_{gs}$  et de protéger ainsi le ballast. Ce composant n'est bien

EDITIONS PÉRIODES

5, boulevard Ney  
75018 Paris

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

# L'IMPORTANT DE L'ALIMENTATION

## NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

### ALIMENTATION À 6DQ6

#### • Résistances

R1 = 470 Ω / 1/4 W  
 R2 = 5 kΩ 10 ou 25 tours  
 R3 = 470 kΩ / 1 W  
 R4 = 470 kΩ / 1 W  
 R5 = 220 Ω / 1/4 W  
 R6 = 39 kΩ bobinée 3 ou 5 W  
 R7 = 220 Ω / 1/4 W

#### • Condensateurs

C1 = 1000 μF / 16 V  
 C2 = 1 μF / 400 V polypro  
 C3 = 10 μF / 630 V papier huilé ou polypro SCR  
 C4 = 47 μF / 385 V  
 C5 = 100 μF / 250 V

#### • Semiconducteurs

D1 = TL 431  
 D2 = Zener 24 V / 1,3 W  
 D3 = 1N4007  
 D5 = 1N4007  
 T1 = 2N3439 ou 3440  
 V1 = EC86  
 V2 = 6DQ6A ou B  
 Tr1 = 9 V / 20 VA  
 L1 = Lampe 230 V / 15 W

### ALIMENTATION À MOS

#### • Résistances

R1 = 470 Ω / 1/4 W  
 R2 = 5 kΩ 10 ou 25 tours  
 R3 = 470 kΩ / 1 W  
 R4 = 180 kΩ / 1 W  
 R5 = 220 Ω / 1/4 W  
 R6 = 12 kΩ bobinée 3 W  
 R7 = 220 Ω / 1/4 W

#### • Condensateurs

C1 = 1 000 μF / 16 V  
 C2 = 1 μF / 400 V polypro  
 C3 = 10 μF / 630 V papier huilé ou polypro SCR  
 C4 = 47 μF / 385 V

#### • Semiconducteurs

D1 = TL 431  
 D2 = Zener 24 V / 1,3 W  
 D3 = 1N4007  
 D4 = Zener 16 V / 1,3 W  
 T1 = 2N3439 ou 3440  
 T2 = voir texte  
 V1 = EC86

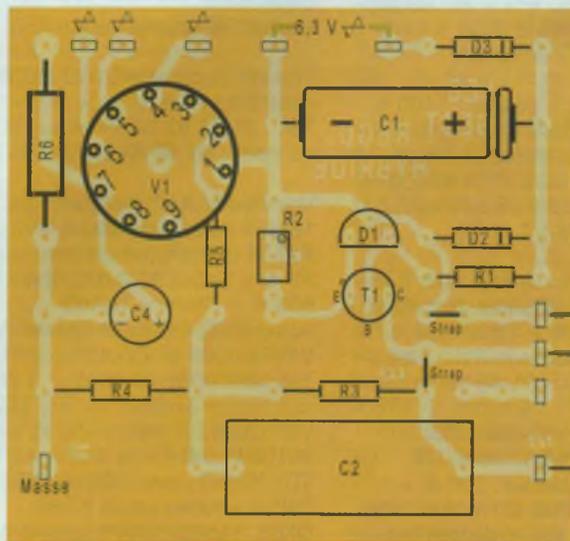
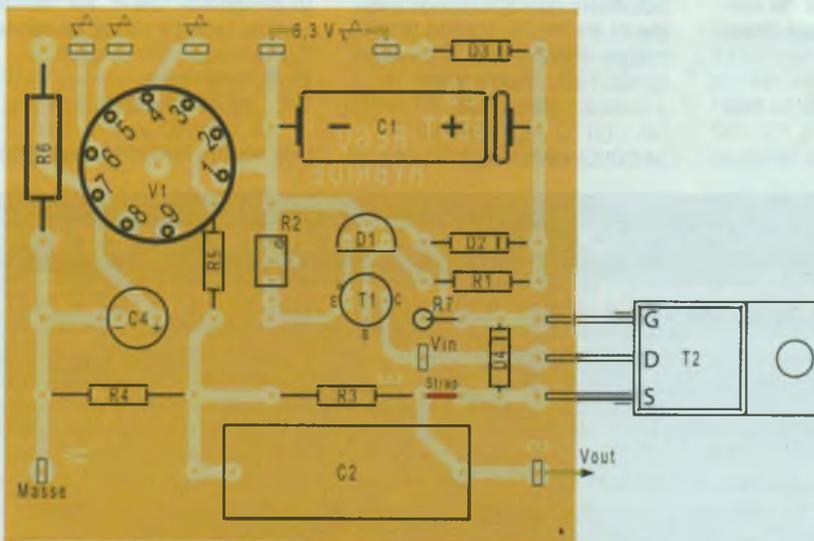


Figure 3



Le condensateur C3 est à relier entre les bornes Vout et Masse à l'extérieur du circuit imprimé

entendu pas nécessaire pour l'alimentation à 6DQ6, il faut absolument ne pas le câbler.

Je recommande cependant d'utiliser la résistance et la perle de ferrite sur ce modèle pour les mêmes raisons, et de les disposer à cet effet au plus près du tube 6DQ6, directement sur le support.

**NB :** l'approvisionnement de ce tube ne doit pas poser de problèmes particuliers. Si cependant vous en rencontrez, sachez qu'un certain nombre d'autres références correspondant à des tubes de balayage TV existent et conviennent parfaitement. On peut citer :

- 6BQ6 : à peu près semblable mais

Pmax = 11 W contre 15 W pour la 6DQ6. Compatible broche à broche.

- 6CD6 et 6BG6 : Pmax = 20 W, mais brochage différent.

A très bientôt pour une étude complète des très performants circuits SRPP.

Jérôme Gest



# Petites annonces gratuites

ou 02 33 08 26 99

Vds poste tube + tourne disque : 30 € + potent neuf stéréo 5K, 10 K, 50 K log (8 €), ampli M100. 2 blocs mono 100 W à tubes E130L. Tél. : 06 30 62 44 30

Cherche plateau et galet pour TD Lenco L78. Tél. : 06 73 37 71 13

Recherche lampmètre Metrix 310CTR. après 18 h. Tél. : 01 48 85 35 09

Cherche schémas ampli V225S Filson, Métrix, contrôleur 462, tube EL34RTC, poste lampes FM GD modèle avec 2 ou 3 HPS. Tél. : 01 42 04 50 75

Vds ECC85, EABC80, ECC808, EM85, EM81, GZ32, 5Y3, 5W4GT EZ, ECL82, EF80, ECF80, EM4, 6DQ5, 6F6, EL502, EL504, EL511, lampe projecteur 1000 W / 230 V, culot G17Q. Tél. : 02 33 52 20 99

Achète récepteurs à lampes AM/FM stéréo des années 60 et un générateur FM de chez Métrix modèle 960, faire offre. Mr Duong

Tél. : 06 83 65 85 46

Vds livres, documentations, EMT, Studer, Cabasse, Revox, Mc Intosh, Nakamichi, Nagra, Cello, Tascam, Fostex, Shure, Tandberg + Soundcrat, Delta DLX, 12/2, Sennheiser MD441U, avec pied, câbles, meuble spécial Hi-fi, noir, pour disques, etc. Tél. : 06 85 96 37 70

Cherche tuner Quad FM3 et schémas tuner FM Esart, transistors + réverb Pioneer SR60. Tél. : 04 70 02 01 62

Vds fréquencemètre 3 GHz, HP5245SL + 5252A + 5254A : 80 € + Wobuloscope Métrix 232 : 50 €. Matériel à prendre sur place av notices. Tél. : 06 10 92 45 50 JM Chaput

Vds ampli PP6V6UL (Goldeneer Hiraga) et 300B (Single-Led 152), tubes neufs, 6C33, 6C41, 6C19, 6L6, EF94, ECC83, EL84, 5U4, GZ32, EM85. Tél. : 06 11 03 80 32 ou 01 46 75 92 47

Vds 1 paire d'enceintes Kef Carlton III, type SP3020 : 400 € + platine Garrard 401 (sans bras) : 275 €.

Tél. : 01 48 07 23 02

Vds ampli Jadis JA80 stéréo : 3000 € + Cochet P1 : 450 € + Technics SU9070 : 150 € + Akai 4000 DSMKII : 150 € + 3 Quad II : 450 € l'unité ou 1050/3 + Rotel RB870 : 160 €. Tél. : 05 56 86 16 89

Vds tubes neufs ECC81, 82, 83, et IRF 150 pour ampli classe A. Cherche tubes ECF82 & ECL86. Tél. : 03 83 43 15 28 HR

Vds Revox A77, 2 pistes 9,5/19, exc état : 305 € / A77, 4P pour pièces : 100 € + Nagra 3 : 610 € + paire Sennheiser K3U/ME40 : 280 € + SPX90 Yamaha : 600 € + Thorens TD160S/SME. Tél. : 06 12 51 17 24

Cherche tout ou partie des HP pour enceinte Audax TPX321 présentée dans Led n°73. Tél. : 06 12 94 37 04 ou e-mail : jdportel@free.fr

Vds pré-ampli Audio Research SP8 et ampli D70, tubes neufs et révisés : 2500 €. Cherche Audio Research SP10, faire offre. Tél. : 01 45 06 12 36

Recherche manuel de mainte-

nance du lecteur CD Denon DCD1420 (ou prêt pour copie), tous frais remboursés. Tél. : 02 41 62 76 32

Vds 2 Tor. 2x18 V / 225VA + 2 condos 10000 µF / 63 V + 2 ponts + 2 ampli (platines) 75 W, Led 152 : 100 €. Tél. : 03 26 97 77 03

Vds Nagra 3E + Revox A77 2P, exc état : 900 € les 2 + couple 2 micros Sennheiser K3U + ME40 : 275 € + Yamaha SPX90 : 300 € + Pentium 166MMX, 2 Go, 32 Mo, CD, écran 15P. Tél. : 06 12 51 17 24

Vds 1 lot de résistances carbone agglomérée, 1/2 - 1 - 2 W de 5,6 Ω à 22 MΩ, qté : 47 000, 2200 €. Tél. : 06 62 29 24 52

Vds tubes 6SJ7 Western, 6C5, 6AU6, 25L6, enceinte Altec M19, HP Altec 416-8C, neuf, emb origine. Recherche 1 Quad 2. Tél. : 04 67 87 97 92

Vds 264 numéros d'Electronique Pratique, 24 années complètes de Janv 1977 à Déc 2000, faire offre. Tél. : 01 39 75 19 08 et e-mail : castelain.michel@freesurf.fr

## Les nouveautés chez ELC

### DEUX ALIMENTATIONS A DECOUPAGE AVEC LA QUALITE DU LINEAIRE

La société **ELC**, fabricant français réputé d'alimentations stabilisées basse tension, introduit sur le marché deux alimentations alliant les avantages du découpage à la qualité du linéaire.

En effet, leur ondulation résiduelle totale est inférieure à 3mV efficace.

La plage de tension de sortie couverte s'étend de 5 à 29V et elle est réglable au pas de 2V avec un réglage additionnel de -1 à +1V.

L'intensité délivrée est de 2A à 29V et augmente progressivement jusqu'à 4A à 5V en passant par 2,5A à 24V et 3,5A à 12V.

De plus, ces alimentations peuvent être utilisées comme chargeur de batterie au plomb 12 ou 24V car elles sont équipées des protections requises.

Ces deux positions chargeur disposent d'un astucieux dispositif permettant d'obtenir la tension de charge prédéterminée grâce à deux indicateurs à LED.

#### L'ALE2902M

Est une alimentation modulaire de classe I, clipsable directement sur Rail DIN et aux dimensions réduites :

H=92 mm, P=58 mm, L=106 mm

Livrée avec ses deux connecteurs de raccordement débrochables.

Sécurité : EN 60950

CEM : EN 50081-2 et EN 50082-2

Son prix est de 71€ HT (84,92 € TTC)



#### L'ALF2902M

Est une alimentation "de table" de classe II, équipée de boutons de commande, avec sortie sur douilles de sécurité de 4mm et aux dimensions réduites :

H=92 mm, P=58 mm, L=106 mm

Livrée avec son cordon secteur débrochable.

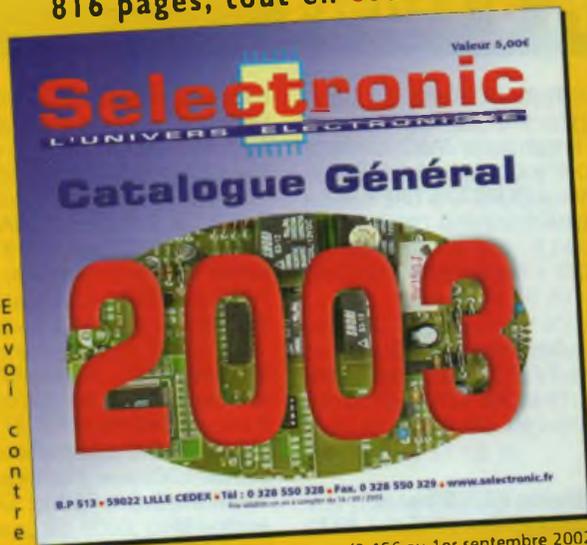
Sécurité : EN 61010-1 et EN 60335-2-29

CEM : EN 50081-2 et EN 50082-2

Son prix est de 75 € HT (89,70 € TTC)



816 pages, tout en couleurs



Envoi  
contre

10 timbres au tarif "LETRE" en vigueur (0,46€ au 1er septembre 2002)  
ou 5,00€ par chèque

# Catalogue Général 2003

# Selectronic

L'UNIVERS ELECTRONIQUE

Connectique. Electricité.  
Outillage. Librairie technique.  
Appareils de mesure.  
Robotique. Etc...

**Plus de 15.000 références**

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

OUI, je désire recevoir le "Catalogue Général 2003" **Selectronic** à l'adresse suivante  
(ci-joint 10 timbres au tarif "LETRE" en vigueur (0,46 € au 1er septembre 2002) ou 5,00 € par chèque) :

**LED**

Mr. / Mme : ..... Tél : .....

N° : ..... Rue : .....

Ville : ..... Code postal : .....

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

# ABONNEZ-VOUS À

# Led

Je désire m'abonner à **Led** (6 n° par an)

**FRANCE, BELGIQUE, SUISSE, LUXEMBOURG : 19 €**

**AUTRES\* : 27 €**

\* Ecrire en CAPITALES, S.V.P.

NOM : .....

PRÉNOM : .....

N° : ..... RUE .....

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

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

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

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

A retourner accompagné de votre règlement à :

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



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

## PUSH-PULL 845

Led N° 172 - 173



kit comprenant : pour 1 bloc

- 1 transfo d'alim en cuve avec 12 V 198,20 €
- 1 transfo de sortie en cuve 259,20 €
- 2 tubes 845 appariés 152,40 €
- 2 tubes ECL86 35,00 €
- 2 supports dorés 42,60 €
- 2 supports NOVAL pour C.I. 6,70 €
- 1 self de filtrage en cuve 44,20 €
- 1 transfo d'alim. 2x12 V en cuve 85,00 €
- 2 condensateurs 470 µF / 500 V 60,00 €

Frais de port 25,91 €  
Total : 824,21 €  
Cadeau sur kit - 57,21 €

Total TTC pour 1 bloc (5 031,19 F) **767 €**

Total TTC pour 2 blocs (9 800 F)

(767 x 2 = 1 534 - remise 40 €) **1 494 €**

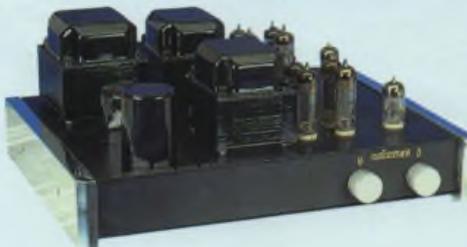
Le transfo 2x12 V est supprimé et la self n'est plus en cuve

## PROMOS

valables pour toute commande reçue  
avant le 15/01/2003

## DOUBLE PUSH-PULL EL84

2 x 28 W - Led N°s 136



kit comprenant :

- 1 alimentation Led 136 79,30 €
- 2 TS Led 136 : 97,60x2 195,20 €
- 3 capots nickelés : 18,30x3 54,90 €
- 2 ECC83 24,40 €
- 8 EL84 67,20 €
- 1 condo 1 500 µF / 350 V 27,40 €
- 1 collier ø50 1,50 €

Frais de port 21,34 €  
Total : 471,24 €  
Cadeau sur kit - 51,24 €

Total TTC (2 755,02 F) **420 €**

## LE TRIODE 845

Led N° 161 - 162 - 163



kit comprenant :

- Le transformateur d'alimentation (sans le 12 V) en cuve 152,45 €
- Les transfos de sortie en cuve 518,40 €
- Les tubes 845 appariés 152,40 €
- Les supports 42,60 €
- Les tubes ECL86 35,00 €
- Les supports NOVAL pour C.I. 6,70 €
- La self de filtrage 44,20 €
- Le transfo d'alim. 2x12 V en boîte 77,75 €
- Les 2 condensateurs 2 200 µF / 450 V + les 2 condensateurs 150 000 µF / 16 V (fabrication française) 173,80 €

Frais de port 59,50 €  
Total : 1 262,80 €  
Cadeau sur kit - 73,80 €

Total TTC (7 799,33 F) **1 189 €**

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

### TRANSFORMATEUR DE SORTIE

LED N°	Impédance Prim	Impédance Sec	Puissance	Poids	Prix TTC
138-154-166	4 000 Ω	4/8/16 Ω	40 W	2,8 kg	97,60 €
138	5 000 Ω	4/8/16 Ω		1,2 kg	50,30 €
140-170	1 250 Ω	4/8 Ω	Single 20 W	2,8 kg	90,00 €
143	2 000 Ω	4/8 Ω	60 W	4,0 kg	103,60 €
146	625 Ω	4/8 Ω	Single 40 W	4,8 kg	103,60 €
146-150	6 600 Ω	4/8 Ω		2,9 kg	103,60 €
146-150-152 et 165		self 10H, tôle	50 W		53,40 €
151	9 000 Ω	4/8 Ω			83,80 €
152	2,3/2,8/3,5 kΩ	4/8/16 Ω	30 W circuit C en cuve		213,40 €
155	8 000 Ω	4/8/16 Ω	20 W		94,50 €
157-160-169	3 800 Ω	4/8/16 Ω	50 W		103,60 €
159-160-171	3 500 Ω	4/8 Ω	15 W circuit C en Cuve		141,80 €
161-162	Circuit C. Modèle en Cuve pour Single tube 845 (impéd. 4/8 Ω)				259,20 €
167	2 000 Ω	4/8 Ω			103,60 €

### LAMPES

ECC83	Prix Unit : 12,20 €	ECC82	Prix Unit : 9,10 €
EF 86	Prix Unit : 22,90 €	ECC81	Prix Unit : 13,70 €
ECL86	Prix Unit : 17,50 €	ECF82	Prix Unit : 10,70 €
GZ32	Prix Unit : 15,20 €	EZ80	Prix Unit : 8,00 €
EZ81	Prix Unit : 16,60 €	6SN7GT	Prix Unit : 21,80 €

### LAMPES PRIX À L'UNITÉ

EL34 Tesla	Prix : 24,20 €	EL84	Prix : 8,40 €	6L6 E.H.	Prix : 26,00 €
KT88 Tesla	Prix : 45,00 €	7189	Prix : 22,80 €	6550 E.H.	Prix : 46,70 €
300B	Prix : 122,00 €	KT90	Prix : 54,80 €	6V6 E.H.	Prix : 18,00 €
6L6	Prix : 18,30 €	6V6 GT	Prix : 16,00 €	300B E.H.	Prix : 200,00 €
845 Chine	Prix : 76,20 €				

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).

### TRANSFORMATEUR D'ALIMENTATION

faible induction 1 Tesla - capoté - primaire 230 V avec écran

LED N°	Secondaires	Poids	Prix TTC
136-140	2x225 V-2x6,3 V	4,0 kg	79,30 €
138	2x300 V-2x6,3 V	2,8 kg	64,00 €
142	2x300 V 2x6,3 V tôle (PR001)	1,2 kg	57,20 €
143-145	2x230/240 V-12 V	4,6 kg	90,70 €
146-150	2x380-2x6,3 V-5 V	6,0 kg	90,70 €
147-148	PRÉAMPLI TUBES circuits «C»	1,0 kg	74,70 €
149-158	ALIM. H.T. / Préampli tubes 2x300 V + 6,3 V	1,0 kg	77,80 €
152	Prim. 230 V - Écran - Sec. 2x300 V-2x6,3 V	6 kg	97,60 €
154-159-160	Pnm. 230 V - Écran - 2x360 V-5 V-6,3 V		88,40 €
155	Pnm. 230 V - Écran - 2x230 V ou 2x330 V+12 V		79,30 €
157-160	Pnm. 230 V - Écran - 380 V+6,3 V+4x3,15 V		90,00 €
161-162-163	Prim. 220 V / 230 V - Écran - 2x330 V-12 V-6,3 V en cuve		198,20 €
	Prim. 230 V - Sec. 2x12 V - Écran : 53,36 € avec capot et 77,75 € en boîte		
163	Prim. 230 V - Sec. 2x240 V + 12 V - Écran (Filtre Actif)		53,40 €
166	Pnm. 230 V - Écran - Sec. 2x230 V + 6,3 V + 6,3 V- 4,5 A		85,40 €
167-169	Pnm. 230 V - Écran - Sec. 400 V+6,3 V+4x3,15 V+75 V		103,70 €
171	Pnm. 230 V - Écran - 2x360 V-6,3 V / 2 A + 6,3 V / 5 A		88,40 €

### SUPPORTS

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

### CONDENSATEURS

1 500 µF / 350 V	27,40 €	150 000 µF / 16 V	33,50 €	Bride condo ø50	1,50 €
2 200 µF / 450 V	53,40 €	470 µF / 500 V	30,00 €		

CONDITIONS de VENTE : France métropolitaine : Règlement par chèque joint à la commande.  
PORT : 12,20 € le premier transfo, 4,57 € en plus par transfo supplémentaire.  
Minimum de facturation TTC : 50 € (port non compris). Si inférieur, frais de traitement de 6,40 € en sus.



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

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

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



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

Réparation Haut Parleur  
et vente de pièces détachées d'origines :

TAD - RADIANT - JBL - FOSTEX - SELENIUM -  
B&C - SOLTON - ALTEC - TRIANGLE - FOCAL

L'ensemble de ces produits est disponible en neuf  
ainsi que leurs accessoires et leurs complémentaires,  
permettant d'élaborer des systèmes audio



## 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.

<b>450 PB</b> : 1" - 25 W RMS : 50 W Programme. 105 dB 1W/1m: 800 Hz à 20 kHz .....	<b>200 €</b> .ttc
<b>465 PB</b> : 1" - 30 W RMS : 60 W Programme., 108 dB 1W/1m: 800 Hz à 20 kHz .....	<b>267 €</b> .ttc
<b>475 PB</b> : 1" - 30 W RMS : 60 W Programme. 109 dB 1W/1m: 800 Hz à 24 kHz .....	<b>312 €</b> .ttc
<b>636 PB</b> : 1"4 - 50 W RMS : 100 W Programme. 110 dB 1W/1m: 500 Hz à 20 kHz .....	<b>335 €</b> .ttc
<b>745 PB</b> : 1"4 - 60 W RMS : 120 W Programme. 111 dB 1W/1m: 500 Hz à 20 kHz .....	<b>442 €</b> .ttc
<b>835 PB</b> : 1"4 - 75 W RMS : 150 W Programme. 113 dB 1W/1m: 500 Hz à 20 kHz .....	<b>602 €</b> .ttc
<b>651 PB</b> : 2" - 50 W RMS : 100 W Programme. 110 dB 1W/1m: 500 Hz à 20 kHz .....	<b>335 €</b> .ttc
<b>760 PB</b> : 2" - 60 W RMS : 120 W Programme. 111 dB 1W/1m: 500 Hz à 20 kHz .....	<b>442 €</b> .ttc
<b>850 PB</b> : 2" - 75 W RMS : 150 W Programme. 113 dB 1W/1m: 500 Hz à 20 kHz .....	<b>602 €</b> .ttc
Nouveau modèle - 2 pouces Neodin, bobine 4 pouces. <b>950 PB-16</b> : 100 W Programme 111 dB : 500 Hz à 20 kHz .....	<b>1036 €</b> .ttc



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

**SYSTÈMES HAUT RENDEMENT** en démonstration permanente.  
Équipement : **RADIANT / 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 PARIEUR RADIANT.

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



**Pavillon bois massif**



**2208B**



**950PB**



**2216**

Enceintes finies  
**RADIANT** 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 - RADIANT - JBL - Reconditionnement et optimisation de tous systèmes.  
**Distributeur officiel :** DYNACORD - Haut Parleurs Electro Voice - Composants et enceintes RADIANT.