

# Lead

COURS N° 5 : ET SI ON PARLAIT : «TUBES»

CAMÉRA CCD SEMI-PROFESSIONNELLE

ET SA CARTE ALIMENTATION

PRÉAMPLI CORRECTEUR RIAA ÉCONOMIQUE

POUR CELLULES À AIMANT MOBILE

LE COAXIAL 508/2B RADIAN : UN 21 cm



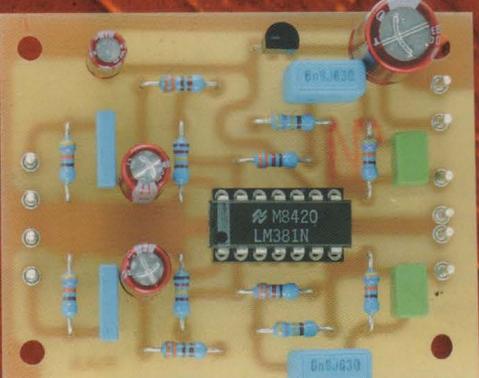
LE COAXIAL 508/2B



PRÉAMPLIFICATEUR 6 ENTRÉES  
AVEC PRÉ-PRÉ POUR DISQUES VINYLES



TÊTE CCD  
ALIMENTATION



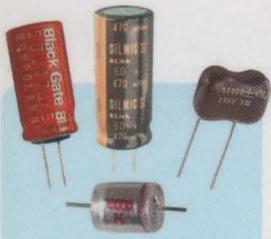
RIAA POUR CELLULES  
À AIMANT MOBILE



CAMÉRA CCD POUR ASTRONOMIE

# Quoi de Neuf chez Selectronic ...

## Composants pour montages AUDIOPHILES ...



### > Condensateurs

#### BLACKGATE :

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

#### ELNA : SILMIC-II

#### STYROFLEX de précision

- de 100 pF à 82 nF

#### MICA argenté 1%

- de 10 pF à 100 nF

## > Transformateurs d'alimentation type "R"

Ce qui se fait de mieux pour vos appareils audio

- Faibles pertes.
- Très faible capacité E/S.
- De 30 VA à 500 VA.



## > Supports TEFLON

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

### Modèle 1



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

### Modèle 2



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

### Modèle 3

Contacts dorés



Pour tubes :  
**EL84, ECC83, 12AU7, 12AX7**, etc.  
La pièce 115.2228-3  
74,90 € TTC

### Modèle 4



Pour tubes :  
**845**, etc.  
La pièce 115.2228-4  
89,50 € TTC

**NOUVEAU**

## Pour vos réalisations à TUBES

## > Galva ronds - Design rétro "AVIATION"

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



### Ampèremètre 50mA

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

### Ampèremètre 150mA

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

### Ampèremètre 300mA

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

### Voltmètre ±300mVdc

RDC = 6 kOhms  
La pièce 115.2113-4 115,00 € TTC

### Vu-mètre -20 à +3 dB

(0 dB = 1,228 V)  
RDC = 26 kOhms  
La pièce 115.2113-5 115,00 € TTC

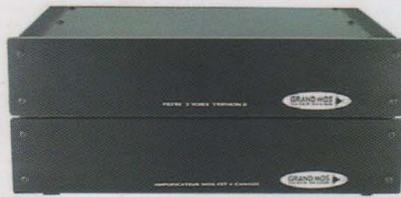
### Enjoliveur pour d°

En aluminium anodisé "LAITON"  
La pièce 115.2113-6 28,00 € TTC

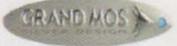
**NOUVEAU**

Enjoliveur

## Kits Selectronic pour AUDIOPHILES



## > kit Triphon II Série GRAND MOS



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

### Section filtre actif

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

### Section amplificateurs

- Alimentations totalement séparées pour les voies droites et gauches
- 4 x 16 W RMS / 8 ohms, pure classe A
- Technologie MOS-FET.

### Divers

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

L'ensemble **COMPLET Filtre + Ampli**  
115.4250-2 ~~1769,00€~~ **PROMO 1590,00 € TTC**

### Filtres actifs

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

### Amplificateurs

Le kit **COMPLET** 115.4180  
790,00 € TTC

## > Kit BASIC Préamp

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



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

Le kit **COMPLET** 115.6200 199,00 € TTC

## Kit préamplificateur RIAA AUDIOPHILE



**NOUVEAU**



- Impédance d'entrée au choix : cellule MC : 100 ohms ou cellule MD : 50kohms
- Sensibilité d'entrée : 2,5 mV @ 1 kHz pour 200 mV en sortie
- Tension de saturation : 110 mV @ 1 kHz
- Taux de distorsion : < 0,001% @ 200 mV de sortie et < 0,01% @ 8,4 V de sortie
- Respect de la courbe RIAA : < ±0,2 dB
- Réponse en fréquence : 0 à 40 kHz ± 2,5 dB
- Rapport S/B : > 90dB
- Circuits imprimés Verre / TEFLON (PTFE)
- Alimentation séparée
- Condensateurs STYROFLEX, BLACKGATE, etc.

Le kit **COMPLET** avec boîtiers 115.4000 169,00 € TTC

**Selectronic**  
L'UNIVERS ÉLECTRONIQUE

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  
Paris XIe (Métro Nation)  
Tél. **01.55.25.88.00**  
Fax : 01.55.25.88.01



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

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  
André Cochetoux  
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  
Frédéric Vainqueur

## Secrétaire de rédaction :

Fernanda Martins

## Photos :

Antonio Delfin

## Impression :

Berger Levrault - Toul  
**Imprimé en France**

## 6

### LA CLÉ DE L'ÉLECTRONIQUE À TUBES ? (COURS N° 5)

Dans ce cours nous allons martyriser une brave triode 12AU7, lui faire subir tous les outrages possibles sous prétexte de vous apprendre à utiliser les tubes ! Nous passerons aux choses sérieuses en abordant l'amplification et terminerons par les relations fondamentales liant les paramètres  $\mu$ ,  $\rho$  et  $S$ .

## 17

### PETITES ANNONCES

## 18

### MU-FOLLOWER DE PUISSANCE MONO-TUBE (2<sup>ÈME</sup> PARTIE)

Après la polarisation du Mos, la stabilisation en température, nous parlons ici d'alimentations, hautes et basses tensions. Nous terminerons par des mesures effectuées sur le prototype de l'auteur de ce projet intéressant, utilisant une EL183 ou une 6C45 et... un transformateur de sortie torique.

## 25

### SERVICE BULLETIN D'ABONNEMENT

## 28

### K2, NOTRE CAMÉRA CCD DESTINÉE À L'ASTRONOMIE : L'ALIMENTATION (2<sup>ÈME</sup> PARTIE)

L'alimentation proposée qui fonctionne à partir du secteur couvre la totalité des besoins de la caméra. L'énergie est distribuée vers 3 principaux secteurs, à savoir : la tête optique, l'interface 12 bits et les modules à effet Peltier.

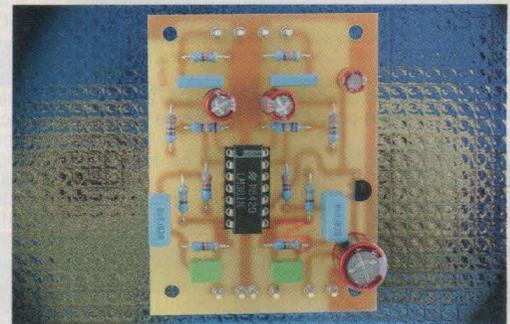
## 39

### SERVICE CIRCUITS IMPRIMÉS

## 40

### CORRECTEUR RIAA ÉCONOMIQUE

Si le CD a définitivement détrôné le vinyle, nombreux sont les mélomanes qui souhaitent toujours écouter de tels disques. C'est pour cette raison que nous vous proposons cette petite étude réservée aux cellules à «aimant mobile» qui est finalement le complément de l'étude de Mr Cochetoux qui propose un pré-pré pour cellules à «bobine mobile».



## 44

### PREAMPLIFICATEUR AUDIOPHILE 6 ENTREES (4<sup>ÈME</sup> PARTIE)

Nous arrivons au terme de cette longue étude en mettant de côté (pour certains) les classiques ECC81/12AT7 au profit de tubes professionnels 7308. Les améliorations apportées sont spectaculaires dans l'élargissement de la bande passante et du taux de distorsion.

## 48

### HP COAXIAL RADIAN 508/2B

Le haut-parleur coaxial encore peu utilisé en haute fidélité est pourtant un élément intéressant pour l'audiophile qui a peu de place à consacrer à son installation. Après vous avoir fait découvrir la référence 5312 de Radian, voici le 508/2B, un 21 cm à haut rendement.



## 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° 151

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

## N° 152

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

## N° 154

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

## N° 156

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

## N° 158

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

## N° 159

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

## N° 160

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

## N° 161

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

## N° 162

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

## N° 163

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

## N° 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° 168

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

## N° 169

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

## N° 170

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

## N° 172

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

## N° 173

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

## N° 174

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

## N° 175

- Photocopies de l'article** (Prix de l'article : 4,60 €) :
- La clé de l'électronique à tubes. (Cours n°2)
  - Single End en quatuor avec tubes 7189 ou EL84M
  - Filtre actif 2 voies butterworth ordre 6-36 dB/octave
  - Préamplificateur audiophile de très haute performance (1<sup>ère</sup> partie)

## N° 176

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

## N° 177

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

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, 141, 143, 149, 155

Je désire :

- ...n° 151  ...n° 158  ...n° 162  ...n° 174   
...n° 152  ...n° 159  ...n° 163  ...n° 176   
...n° 154  ...n° 160  ...n° 164  ...n° 177   
...n° 156  ...n° 161  ...n° 170

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

- ...n° 152  ... n° 169  ... n° 173   
...n° 168  ... n° 172  ... n° 175

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

Horaires d'ouverture : du lundi au vendredi de 9h30 à 12h30 et de 14h à 18h30. Le samedi de 9h30 à 12h30 et de 14h à 17h00.

Prix donnés à titre indicatif

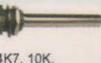
## Pot. Professionnel ALPS

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

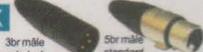


## POT. SFERNICE P11

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



## XLR NEUTRIK



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

\* noir doré

## JACK 6,35 Professionnel

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

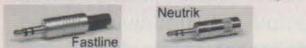


Mono pour câble 4mm ..... 3,05€  
Mono pour câble 6mm ..... 3,05€  
Stéréo pour câble 6mm ..... 3,35€  
Stéréo pour câble 4mm ..... 3,35€



## Jacks 3,5mm Fastline/Neutrik

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



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

Marque Profitec

12V > 220V ..... 83,70€  
150W max ..... 106,00€  
300W max ..... 242,40€  
500W max ..... 394,85€  
1000W max



## Câble extra souple

0,25mm<sup>2</sup> - 128 brins de 0,05mm<sup>2</sup> - prix au mètre  
Rouge, noir, bleu, blanc, vert ou jaune ..... 0,65€  
0,50mm<sup>2</sup> - 256 brins de 0,05mm<sup>2</sup> - prix au mètre  
Rouge, noir, bleu, blanc, vert ou jaune ..... 0,70€  
1mm<sup>2</sup> - 512 brins de 0,05mm<sup>2</sup> - prix au mètre  
Rouge, noir, bleu, blanc, vert ou jaune ..... 1,25€  
2,5mm<sup>2</sup> - 651 brins de 0,07mm<sup>2</sup> - prix au mètre  
Rouge, noir, bleu, blanc, vert ou jaune ..... 1,70€

## Câble extra souple siliciné

1mm<sup>2</sup> - 512 brins de 0,05mm<sup>2</sup> - prix au mètre  
Rouge, noir, bleu, vert ou jaune ..... 2,30€  
2,5mm<sup>2</sup> - 651 brins de 0,07mm<sup>2</sup> - prix au mètre  
Rouge ou noir ..... 3,05€

## Dissipateur thermique

Coffret radiateur h=67mm, l=170mm, profondeur=250mm 32,00€

PEIGNE h=40mm, l=300mm, profondeur=75mm 20,00€

PEIGNE h=40mm, l=250mm, profondeur=75mm 17,10€

PEIGNE h=29mm, l=150mm, prof.=75mm 11,00€

Radiateur extrudé h=114,50mm, l=114,2mm, profondeur=300mm, poids 3,5Kg 50,00€

## Câble HP Professionnel

2x0,75mm<sup>2</sup>, Cullman ..... 2,40€  
2x1,5mm<sup>2</sup>, Cullman ..... 2,40€  
2x2,5mm<sup>2</sup>, Cullman ..... 2,50€  
2x4,0mm<sup>2</sup>, Cullman ..... 3,60€  
2x6,0mm<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 Professionnel

GAC 1 : Gotham, 1 cond + blind, ø 5,3mm ..... 2,00€  
2524 : Mogami, 1 cond + blindage ..... 2,60€  
GAC 2 : Gotham, 2 cond. + blind, ø 5,4mm ..... 2,15€  
2792 : Mogami, 2 cond. + blindage ..... 2,70€  
GAC 2 AES/EBU Gotham, (pour son digital) ..... 5,50€  
GAC 3 : Gotham, 3 cond. + blind, ø 4,8mm ..... 2,45€  
GAC 4 : Gotham, 4 cond. + blind, ø 5,4mm ..... 2,75€  
2534 : Mogami, 4 cond + blindage ..... 3,35€  
2965 : Mogami, type index ø 4,8mm par canal ..... 2,90€

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

POUR SEULEMENT 4 TIMBRES À 0,50€, RECEVEZ NOTRE CATALOGUE ST QUENTIN RADIO NOV 2002/2003

offre valable jusqu'au 30/03, réservez aux lecteurs de la revue LED. Catalogue gratuit avec une commande.

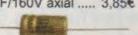
## Cond. chim. haute tension type SNAP

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



## Cond. chimique SIC SAFCO axial

10µF/450V axial ..... 3,00€  
15µF/450V axial ..... 3,00€  
22µF/450V axial ..... 4,20€  
33µF/450V axial ..... 3,85€  
47µF/250V axial ..... 3,85€  
47µF/450V axial ..... 3,85€  
100µF/450V axial ..... 6,10€  
220µF/160V axial ..... 3,85€



## Gaine torsadée

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

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



## Gaine tressée

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



Couleur : noire. Plage d'utilisation. Prix 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€

## Protecteur thermique

Utilisation pour le contrôle automatique de température

Spécifications : gamme de 60°C à 140°C, tolérance ±5°C, supporte le 220V, endurance : 30000 cycles @ 240V AC/6A



Contact normalement fermé (NF), ou contact normalement ouvert (NO). Disponible en NF et NO à 60°C, 70°C, 80°C, 100°C, 120°C et 140°C

Prix d'une pièce ..... 3,85€

## Coffrets GALAXY

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



Dimensions en cm - LxHxProf

GX143 12,4x4x7,3 26,90€  
GX147 12,4x4x17 32,90€  
GX247 23x4x17 38,90€  
GX243 23x4x23 40,40€  
GX248 23x4x28 42,70€  
GX347 33x4x17 45,00€  
GX343 33x4x23 46,90€  
GX348 33x4x28 49,90€  
GX287 23x4x17 43,00€  
GX283 23x4x23 45,75€  
GX288 23x4x28 48,00€  
GX387 33x4x17 55,65€  
GX383 33x4x23 57,90€  
GX388 33x4x28 59,90€

## Tubes électroniques

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

## Support TUBE

NOVAL C. imprimé  
Ø 22mm (1) ..... 4,60€  
Ø 25mm (2) ..... 4,60€  
blindé chassis (3) ..... 4,60€  
chassis doré (4) ..... 4,60€

A cosses (5) ..... 4,60€  
Pour CI (6) ..... 4,60€  
A cosses doré (7) ..... 6,10€



## Fers Weller

Fers standards

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

Fers thermostatés

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

Fers à gaz

Pyrophen junior ..... 73,50€  
Pyrophen standard ..... 121,35€  
Pyrophen Piezzo ..... 138,00€



## JBC Fer à souder 220V

JBC 14ST - 11W ..... 34,00€  
JBC 30ST - 24W ..... 27,50€  
JBC 40ST - 26W ..... 27,50€  
JBC 65ST - 36W ..... 29,90€  
DS fer à dessouder .. 49,60€

SL2020 fer thermostaté 69,40€



## Fer SEM, forte puissance 220V

FP100 - 100W, 330g ..... 46,50€  
FP150 - 150W, 410g ..... 52,00€  
FP200 - 200W, 590g ..... 63,50€  
FP300 - 300W, 720g ..... 76,00€

## Cond. de démarrage polypropylène

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

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

## Cond. SCR polypropylène 1KV

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

## Coffrets métalliques

Dimensions en cm - HxLxProf

Face arrière et avant aluminium, coté tôle

LC630 6x10x13,2 ..... 15,00€  
LC640 6x15x13,2 ..... 13,50€  
LC650 6x20x13,2 ..... 4,00€  
LC660 6x25x13,2 ..... 14,50€  
LC730 8x10x13,2 ..... 12,20€  
LC740 8x15x13,2 ..... 17,50€  
LC750 8x20x13,2 ..... 17,50€  
LC760 8x25x13,2 ..... 17,55€  
LC830 8x10x18 ..... 15,55€  
LC840 8x15x18 ..... 14,05€  
LC850 8x20x18 ..... 16,95€  
LC860 8x25x18 ..... 21,20€  
LC870 8x30x18 ..... 22,90€  
LC930 10x10x18 ..... 15,75€  
LC940 10x15x18 ..... 17,00€  
LC950 10x20x18 ..... 20,50€  
LC960 10x25x18 ..... 23,50€  
LC970 10x30x18 ..... 29,75€  
LC1030 12x15x22 ..... 20,15€  
LC1040 12x20x22 ..... 27,00€  
LC1050 12x25x22 ..... 25,65€  
LC1060 12x30x22 ..... 32,80€  
LC1070 12x35x22 ..... 36,60€

Tout aluminium

80105 8x10,5x15 ..... 15,40€  
80155 8x15,5x15 ..... 17,55€  
80255 8x25,5x15 ..... 22,15€

8565 5,5x6,5x8,5 ..... 9,60€  
85105 5,5x10,5x8,5 ..... 10,55€  
85155 5,5x15,5x8,5 ..... 13,00€  
85205 5,5x20,5x8,5 ..... 13,30€

55105 5,5x10,5x15 ..... 13,30€  
55155 5,5x15,5x15 ..... 15,40€  
55205 5,5x20,5x15 ..... 17,25€  
55255 5,5x25,5x15 ..... 19,10€

## Atténuateur à impédance constante

AT60SK - mono 2x500Wmax 11,45€  
AT60ST - stéréo 2x500Wmax 22,00€

## Composants divers

WAFER CARD ..... 5,95€  
GOLD CARD ..... 10,00€  
SILVERCARD ..... 18,00€  
ATEMEL CARD ..... 22,00€  
PIC 16F84-04P ..... 7,50€  
PIC 16F873-20P ..... 13,00€  
PIC 16F876-04P ..... 11,00€  
24C16 ..... 2,30€

Support 8br ..... 0,30€  
Support 18br ..... 0,50€

Programmeur

PIC 1A ..... 59,00€  
CAR 04 ..... 95,00€  
CAR 06 (USB) ..... 116,00€

### TUBE ! EN AVANT... MARCHÉ !



Figure 1 : jusque dans les années 60 le tube a été la vedette incontestable de l'électronique toutes utilisations confondues. Ceci est un module d'ordinateur IBM (eh oui !). Plusieurs milliers de ces modules interconnectés sur plusieurs étages d'un bâtiment dégageaient une chaleur intense... Mais ça fonctionnait ! Concorde a été conçu sur un ordinateur de ce type...

Ça y est vous avez osé ! Vous avez réalisé le petit montage que nous vous avons proposé lors de notre dernière causerie. Vous êtes allés chez le marchand de tubes du coin pour acheter une 12AU7/ECC82.

**C**e dernier en se frottant les mains s'est empressé de vouloir vous caser le tube «Machin chose» bien meilleur subjectivement que le tube «Truc muche» car provenant d'un stock caché dans la cave à vin d'un vieux monsieur de 90 ans qui les a retournés régulièrement pendant cinquante ans afin que les électrodes ne se déforment pas ; ce à quoi vous avez répondu, je l'espère, que vous désiriez une simple, petite, modeste, honnête 12AU7, vierge de préférence afin de faire subir à cette pauvre enfant tous les outrages suggérés par le sadique pervers qui sévit dans la revue Led, sous le fallacieux prétexte de nous apprendre à utiliser les tubes...

#### LA TRIODE MARTYRISÉE

Reprenons voulez-vous le montage d'essai, **figure 2** que nous reproduisons ici afin que vous n'ayez pas à fouiller dans le tas de papiers et de journaux pour retrouver le précédent numéro de Led. Si vous n'avez pas d'alimentation haute tension stabilisée variable de laboratoire, je ne saurais trop vous recommander de réaliser l'alimentation variable très simple que nous vous avons proposée à la fin de la précédente causerie. Cette haute tension variable est représentée sur le schéma par la batterie «Vb» (la flèche indique la notion : «variable»). Dans le circuit de grille nous avons installé une batterie (ou une alimentation variable) de

# LA TRIODE MARTYRISÉE

24 V shuntée par un potentiomètre de 10 000  $\Omega$  permettant de faire varier la tension de grille de -24 V à zéro ; le pôle «moins» de cette alimentation étant dirigé vers la grille et le pôle «plus» vers la cathode, permettant ainsi de polariser la grille plus ou moins négativement par rapport à la cathode. Eh bien justement inversons la polarité de cette batterie, ce qui revient à rendre la grille du tube positive par rapport à la cathode (pendant un temps très court car le tube n'aime pas ça du tout !)...

## • LA GRILLE POSITIVE

Fixons tout d'abord la tension de plaque « $V_b$ » à 100 V et la tension de grille « $V_g$ » à 0 V. Le courant anodique « $I_a$ » se stabilise à 11 mA. Et du côté du courant de grille « $I_g$ », qu'arrive-t-il ? Tiens ! Une très petite déviation. Si votre milliampèremètre situé dans le circuit de grille est suffisamment sensible, vous enregistrerez un courant de l'ordre de 0,1 à 0,5 mA. Que se passe-t-il ? Et bien, certains électrons entraînés par leur élan vers l'anode vont percuter la grille ; quelques-uns seulement, car la grande majorité va passer sans encombre à travers les mailles du filet ; cependant un léger courant va s'établir entre la cathode et la grille. Il n'y a pas de quoi fouetter un chat, me direz-vous !... Et bien si justement, vous apprendrez plus tard, si vous avez le courage de nous lire jusqu'au bout, que ce petit courant de grille prend naissance dans tous les tubes électroniques sans exception dès que le potentiel de la grille descend en dessous de -1 V ; et lorsque nous étudierons les circuits électroniques proprement dits, vous verrez que, particulièrement en audio, surtout dans les étages préamplificateurs ou inverseurs de phase, on doit fuir comme la peste ce courant de grille, source de distorsions et de perturbations diverses. Ce principe élémentaire qui consiste à ne jamais faire travailler un tube au-delà du -1 V fatidique semble d'ailleurs avoir été oublié par beaucoup de concepteurs d'amplificateurs

Figure 2a : schéma du montage à réaliser pour faire fonctionner une triode et mesurer ses paramètres statiques (le chauffage filament n'est pas reproduit).

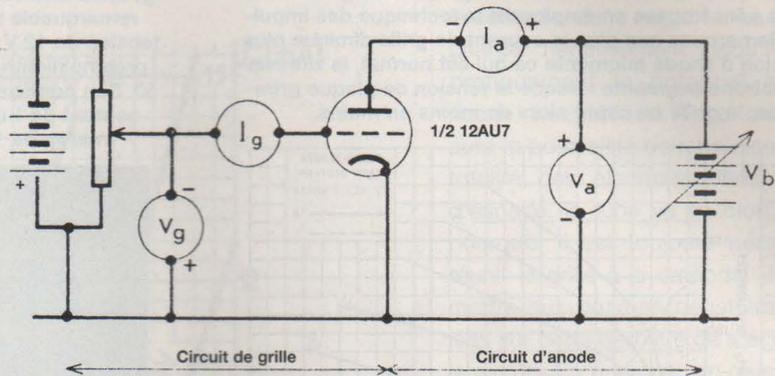
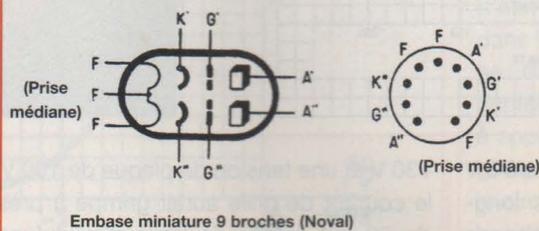


Figure 2b : disposition des électrodes.



Embase miniature 9 broches (Noval)



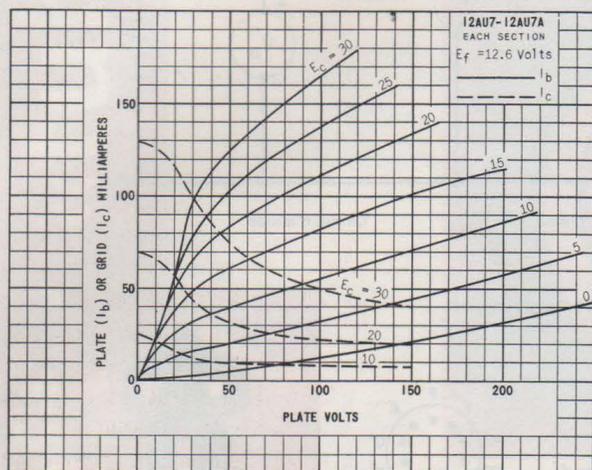
Figure 3 : la 2C40, la 211/VT4C, la 811, et dans une moindre mesure la 845 sont des triodes de puissance pouvant fonctionner avec des tensions de grille positives, ce fonctionnement leur assure une linéarité remarquable au détriment de la puissance demandée à la source ; c'est pour cette raison que l'on pilote souvent ces tubes par des tubes de petite puissance. La 845 et la 811 sont toujours fabriquées de nos jours.

modernes. D'où pas mal de mauvaises surprises. Mais n'anticipons pas ! Continuons notre expérience. Portons froidement le potentiel de la grille de

commande à + 5 V. Le courant d'anode « $I_a$ » grimpe allègrement jusqu'à 30 mA. Du côté du courant de grille « $I_g$ », les choses se corsent : le courant grimpe

## ET SI ON PARLAIT : «TUBES»

Figure 4 : courbe rarement publiée. En pointillés le courant de grille correspondant à la tension positive de grille. Les courbes sont tracées en employant la technique des impulsions. Remarquez que plus le courant de grille diminue plus la tension d'anode augmente ce qui est normal, la vitesse des électrons augmente lorsque la tension de plaque grimpe, la grille en capte alors de moins en moins.



jusqu'à 4 mA. Ramenez vite la grille à 0 V car le tube ne supporterait pas longtemps un tel traitement et réfléchissons un peu. Que s'est-t-il passé ?

Le changement de polarité de la grille de commande a changé le sens du champ électrostatique entre la grille et la cathode. Lorsque la grille était négative, les électrons regroupés dans la charge d'espace étaient plus ou moins repoussés dans cette dernière mais en changeant la polarité, donc le champ électrostatique, les électrons vont au contraire être accélérés par la grille et traverser cette dernière à grande vitesse et en grand nombre. Cependant la grille étant devenue positive, elle va se comporter comme une anode pour les électrons passant au plus près de ses mailles. Un courant va donc s'établir, proportionnel à la tension positive de la grille. Certains tubes sont construits spécialement pour supporter des courants de grille importants (les tubes d'émission en particulier qui peuvent fonctionner en grille positive), **figure 3**, mais notre pauvre 12AU7 qui n'est pas conçue pour cela va voir sa grille rougir. Si on avait poussé l'expérience avec une tension de grille de

+30 V et une tension de plaque de 100 V, le courant de grille aurait grimpé à près de 50 mA. Inutile de vous dire qu'une telle intensité de courant va porter la grille à l'incandescence. Adieu 12AU7!... Et pourtant, il me faut signaler ici que dans certains montages particuliers qui ne concernent pas l'audio mais la technique des impulsions, on utilise parfois des tubes comme la 12AU7 avec des courants de grille de cet ordre mais pendant des temps très courts, de l'ordre de la micro-seconde afin que la grille n'ait pas le temps de s'échauffer.

C'est d'ailleurs de cette manière en utilisant des impulsions qu'ont pu être tracés les courbes de la **figure 4**, en relevant les courants instantanés de grille et d'anode. Ces courbes sont très rarement publiées et ne sont pas d'une grande utilité pour les audiophiles que nous sommes, mais étaient primordiales à l'époque des ordinateurs à tubes où des dizaines de milliers de ceux-ci devaient réagir hyper-rapidement aux trains d'impulsions numériques (**figure 1**). Toujours dans cette même optique le fonctionnement de tubes de type 12AU7 en impulsions positives a été utilisé en télévision

Figure 5 : tube 12U7. Ce tube qui ressemble comme deux gouttes d'eau à une vulgaire 12AU7 a partout une particularité remarquable : il est prévu pour fonctionner avec une haute tension de 12 V sur son anode. La 12U7 était employée comme préamplificatrice BF dans les autoradios à tubes des années 50. Son coefficient d'amplification est un honnête «20», pour un courant de 1 mA, sa pente est de 1,6 mA/V et sa résistance interne de 12,6 kΩ... Pas de quoi épuiser la batterie !...



à l'époque du noir et blanc pour la transmission des «tops» de synchronisation. Certains tubes construits spécialement possèdent une grille supplémentaire polarisée positivement et placée entre la cathode et la grille de commande afin d'accélérer à grande vitesse les électrons de la charge d'espace. Ce procédé a permis de construire des tubes destinés aux autoradios dont la haute tension d'anode ne dépassait pas 12 V (**figure 5**). Mais revenons à l'utilisation honnête d'une brave triode lambda.

### POUR RÉSUMER

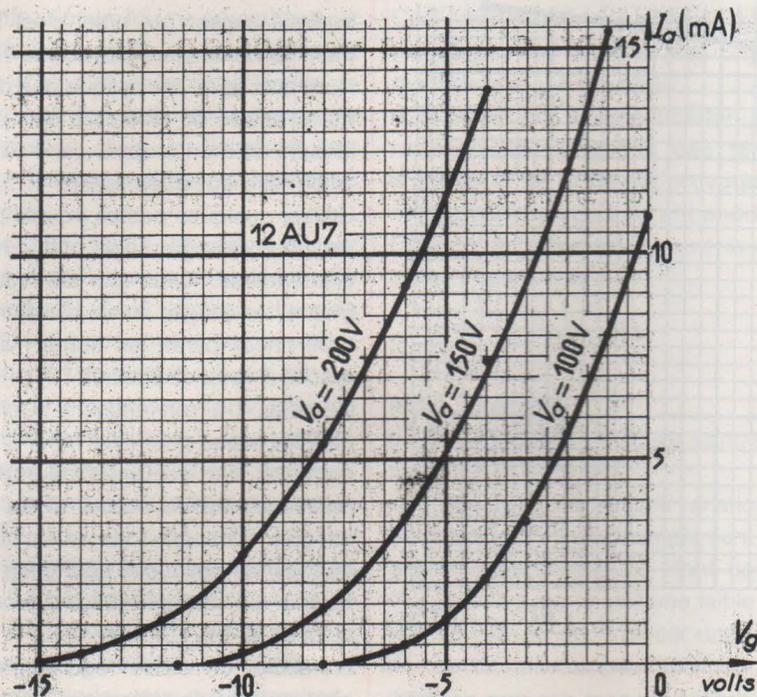
Ne jamais faire fonctionner un tube avec une tension de polarisation inférieure à -1 V. Nous verrons ultérieurement que la tension de polarisation plus le signal alternatif à amplifier ne doivent pas dépasser cette tension de -1 V.

### • NE JAMAIS FAIRE FONCTIONNER...

un tube en grille positive car la grille soumise au bombardement des électrons qu'elle capte s'échauffe et risque d'être détruite.

# LA TRIODE MARTYRISÉE

Figure 6 : réseau de caractéristiques statiques de la 12AU7/ECC82  
 $I_a = f(V_g)$  à  $V_a$  constante



En règle générale, tout courant de grille « $I_g$ » absorbe de la puissance, ce qui fait perdre un des avantages majeurs des tubes sur les semi-conducteurs, qui est de ne demander aucune puissance à la source du signal à amplifier. La présence d'un courant de grille va rendre la variation du courant anodique « $I_a$ » non proportionnelle à la variation de la tension de grille « $V_g$ » (surtout lorsque « $V_g$ » devient très positive) : c'est une source de distorsions.

De toute façon, les tubes que nous utilisons en audio ne sont pas construits pour supporter en permanence un courant de grille. En règle générale, évitez de porter les grilles à un potentiel positif, sauf pendant un temps très court (fonctionnement en classe AB2).

Dans certains cas, avec des tubes spécialement construits pour cet usage, le fonctionnement avec grille positive permet d'atteindre des rendements très élevés. C'est le cas des tubes d'émission et en particulier les célèbres 211/VT4C et 845 utilisés en audio (figure 3).

Avant de vous parler des caractéristiques fondamentales de la triode, il nous faut faire une dernière expérience...

## • LA GRILLE FLOTTANTE

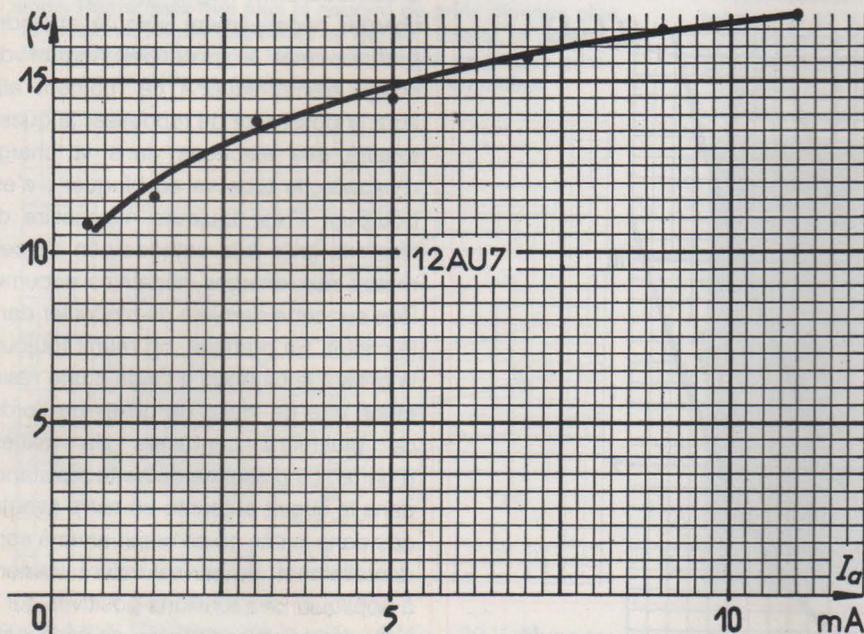
Déconnectons la source de tension de la grille ; on dit à ce moment que la grille est «en l'air» ou «flottante». Portons la tension de la plaque « $V_a$ » à 100 V, le courant de la plaque « $I_a$ » va grimper et se stabiliser comme précédemment à 11 mA. Evidemment, me direz-vous, le tube est comparable à une diode, la grille ne sert plus à rien. Pas si vite ! Pendant que nous discutons, le courant « $I_a$ » a bougé. Regardez le milliampèremètre. Curieux ! L'intensité « $I_a$ » descend ! 10 mA, 8 mA, 6 mA.

Que se passe-t-il ? Les lois de l'électronique sont-elles mises en défaut ? Bien au contraire ! Il faut raisonner ici en termes de charge d'espace. Le développement mathématique est assez complexe mais sachez que la grille en l'air se charge au potentiel de la charge d'espa-

ce qui, comme vous le savez, est constituée par cette foule d'électrons émis par la cathode, donc négative. La grille va se charger négativement jusqu'à atteindre pratiquement le potentiel négatif du nuage électronique. A ce moment elle aura la possibilité de repousser la quasi-totalité des électrons dans la charge d'espace, le tube va se bloquer ; c'est pourquoi il est toujours nécessaire de réunir la grille à la cathode afin de permettre aux charges négatives accumulées sur cette dernière de s'écouler dans le circuit. En pratique, on réunit toujours la grille à la cathode à l'aide d'une résistance dite de «fuite de grille» de l'ordre de plusieurs centaines de milliers d'ohms. La présence de cette résistance dans le circuit présente un autre avantage : dans le cas où on serait amené accidentellement, ou parfois volontairement, à appliquer des tensions positives sur la grille, la résistance placée en série dans le circuit va limiter le courant de fuite de la grille à des valeurs non dangereuses pour cette dernière. Mais attention : la valeur de cette résistance ne sera pas choisie au hasard car il y a toujours un faible courant de grille qui circule dû aux électrons égarés qui heurtent les mailles du filet.

Qui dit courant dans une résistance dit chute de tension dans cette dernière, d'après la célèbre loi d'ohm :  $U=R.I$  ( $U$  en volts,  $R$  en ohms,  $I$  en ampères). Plus la résistance aura une valeur élevée, plus la tension à ses bornes grimpera et la tension produite s'ajoutera à la tension normale de polarisation de la grille « $V_g$ », faisant changer le point de fonctionnement du tube donc le courant « $I_a$ » dans le circuit du tube. Ce changement de polarisation incontrôlable sera une source supplémentaire de distorsions et c'est pour cela que pour les tubes de puissance en particulier on limite la valeur de la résistance de fuite de grille à des valeurs parfois très basses, ce qui n'est pas sans poser des problèmes aux circuits d'attaque. Nous étudierons tout cela plus tard dans le détail.

Figure 7 : courbe de variation du coefficient d'amplification « $\mu$ » pour différentes valeurs de « $I_a$ ».



## ET MAINTENANT... PASSONS AUX CHOSES SÉRIEUSES

Munissez-vous d'une feuille de papier millimétré et, avec beaucoup de patience, je vous propose de tracer ce qu'on appelle le réseau de caractéristiques statiques de notre 12AU7/ECC82. Pour ce faire, vous allez fixer la tension de plaque « $V_a$ » à une valeur fixe, par exemple 100 V.

Puis vous ferez varier la tension de grille à partir de -10 V. Vous verrez alors que le courant « $I_a$ » commence à apparaître pour une tension « $V_g$ » de -7,5 V. Relevez pour chaque valeur de la tension « $V_g$ » la valeur du courant « $I_a$ ». Vous obtiendrez alors une courbe « $I_a$ » = f ( $V_g$ ) (f signifie fonction de...) à « $V_a$ » = constante.

Vous recommencerez l'opération pour plusieurs valeurs de « $V_a$ » ; par exemple 150 V, puis 200 V, sans jamais dépasser pour « $I_a$ » 15 mA : il est inutile de tuer votre tube. Vous obtiendrez alors le réseau de la figure 6.

Deux remarques s'imposent immédiatement : ces courbes ne sont pas des

lignes droites (ce sont des arcs de paraboles) ; nous verrons plus tard que c'est là la cause majeure des distorsions qui affectent les circuits électroniques.

Deuxième remarque : plus la tension « $V_a$ » est élevée, plus le courant « $I_a$ » s'établit rapidement pour des valeurs de plus en plus importantes de « $V_g$ ». (« $V_a$ » = 100 V : « $I_a$ » démarre à -7,5 V ; pour « $V_a$ » = 150 V : « $I_a$ » démarre à -11 V ; « $V_a$ » = 200 V : « $I_a$ » démarre à -15 V). Ces valeurs de « $V_g$ » : -7,5 V, -11 V, -15 V sont appelées les tensions de blocage du tube (tension de cut off en bon français). Sachez d'ores et déjà que tout le jeu va consister à faire fonctionner notre tube au-delà de ce point de cut off, ce qui est logique, en fixant sa polarisation pour un fonctionnement correct vers le milieu de la caractéristique, là où elle ressemble le plus à une droite (par exemple si « $V_a$ » = 200 V, on choisira une polarisation à -7 V). On dira alors que le tube fonctionne **en classe A** (figure 6).

Pourquoi me regardez-vous comme cela ? Je vous sens frustré ! Tout cela c'est bien joli, les petites courbes, notre

pauvre tube torturé avec sa grille positive, ou en l'air ! Patience ! On y arrive, mais déjà notre petite expérience vous a appris quelque chose : un tube, c'est bougrement solide vous ne croyez pas ?...

Non, non, je ne me moque pas de vous, mais j'essaie de différer le plus possible la suite de mon propos, car il va encore falloir faire quelques essais, et ... Aie !... Utiliser quelques petites (toutes petites ! rassurez-vous) formules mathématiques élémentaires. Ceci afin de vous permettre de jongler avec n'importe quel tube choisi parmi les trente mille références à votre disposition !

Combien de références ? Oui, euh... 30 000, à peu près ! Au fond, c'est peu comparé aux centaines de milliers de références de transistors et de circuits intégrés. Rassurez-vous vous n'aurez pas à utiliser 30 000 tubes pour créer l'amplificateur qui vous permettra d'écouter vos disques ou vos CD préférés.

En audio, on utilise régulièrement une cinquantaine de références, toujours les mêmes qui ont été, soit créées spécialement pour cet usage, soit qui sont choisies pour leurs qualités dites «subjectives», mais qui sont en réalité des qualités bien physiques, et absolument quantifiables.

Tout ceci c'est pour vous faire comprendre que si vous le désirez et si vous maîtrisez bien les quelques paramètres qui vont suivre, vous pourrez utiliser pratiquement **n'importe quel tube** (et en particulier des triodes) pour «faire» de la musique avec des résultats il est vrai plus ou moins heureux. Tous les tubes électroniques quels qu'ils soient ont en commun le même principe de fonctionnement : **une forte variation du courant d'anode pourra être contrôlée par une faible variation de la tension de la grille de commande...** C'est ce que l'on appelle : **l'amplification**.

### • L'AMPLIFICATION

C'est certainement la caractéristique la plus importante d'un tube électronique. Reprenons voulez-vous la famille de

# LA TRIODE MARTYRISÉE

courbes que «vous» avez tracées en partant de notre petit montage (figure 6). Ce sont les courbes « $i_a = f(V_g)$  à « $V_a$ » constante. J'ouvre ici une parenthèse car j'entends les puristes bougonner ; c'est vrai, ce n'est pas avec cette famille de courbes que l'on fait habituellement la démonstration, mais, au risque de leur déplaire, cette approche est beaucoup plus simple.

Prenons une valeur de courant, par exemple 5 mA et regardons la courbe correspondant à la tension d'anode « $V_a$ » = 150 V. Nous voyons que pour établir le courant de plaque à 5 mA, il nous faut fixer la polarisation de la grille de commande du tube à -5 V. Augmentons maintenant la tension d'anode sans toucher à la tension de la grille, par exemple à 200 V.

Le courant va grimper, c'est logique jusqu'à 11,5 mA. Que faire pour ramener le courant à sa valeur de 5 mA ? Comme vous avez bien compris le fonctionnement d'une triode, vous me répondrez : en rendant la grille plus négative. Bravo ! Vous avez raison : allez-y, agissez sur la tension de la grille en surveillant « $V_g$ » et « $i_a$ »... Vous y êtes, « $i_a$ » a diminué et se stabilise à 5 mA ; pour quelle tension de grille ? Un peu plus de -8 V, exactement -8,25 V.

Si nous avons fait l'inverse, c'est-à-dire en partant de -8,25 V avec « $V_a$ » = 200 V et en portant la tension de grille à -5 V (donc en l'augmentant vers les valeurs positives), il nous aurait fallu réduire la tension « $V_a$ » à 150 V pour conserver notre courant constant à 5 mA.

On peut donc dire qu'une variation de la tension de grille de 8,25 - 5 = 3,25 V si « $V_a$ » était restée identique, aurait entraîné la même variation de courant qu'une variation de la tension de plaque de 200-150 = 50 V si « $V_g$ » avait été maintenue constante. En d'autres termes, voici la définition exacte du coefficient d'amplification d'un tube :

**«Le coefficient d'amplification est le rapport entre les variations de la tension de plaque et les variations de la**

**tension grille nécessaires pour maintenir le courant anodique à une valeur constante».**

Ceci c'est la définition officielle (et exacte) qui peut se traduire plus physiquement de la façon suivante :

**«Le coefficient d'amplification est le rapport des variations des tensions d'anode et de grille qui provoquent la même variation du courant anodique».**

Ce qui veut dire strictement la même chose ; cela s'écrit :

$$\mu = \frac{\Delta V_a}{\Delta V_g}$$

à « $i_a$ » = constant

$\mu$  (qui se prononce MU) est parfois remplacé par la lettre «K».

« $\Delta$ » (Delta) signifie : «faible variation».

Pourquoi alors ? Tout simplement parce que les caractéristiques étant des arcs de paraboles, on choisit une faible variation de « $V_a$ » et de « $V_g$ » sur une portion de courbe que l'on peut assimiler à une droite.

Ce coefficient « $\mu$ » est fondamental, c'est un nombre pur, c'est en quelque sorte l'identité du tube. Ce coefficient d'amplification pour les triodes est généralement de l'ordre de quelques dizaines (12AT7/ECC81 :  $\mu = 60$ ) (6DJ8/ECC88 :  $\mu = 33$ ) (12AX7/ECC83 :  $\mu = 100$ ). Nous verrons plus tard que les pentodes atteignent des « $\mu$ » de plusieurs milliers.

Maintenant nous allons le calculer au point que nous avons choisi pour notre 12AU7

$$\Delta V_a = 50 \text{ V} ; \Delta V_g = 3,25 \text{ V pour } i_a = 5 \text{ mA}$$
$$\mu = 50/3,25 = 15,38.$$

Le « $\mu$ » officiel de la 12AU7 est de 17 ; pourquoi cette différence ? Uniquement parce que nous avons choisi des variations  $\Delta V_a$  et  $\Delta V_g$  trop grandes (pour vous faire comprendre le processus). Nous sommes donc tombés dans le piège de la courbure des caractéristiques. Si nous avons choisi un  $\Delta V_a$  et un  $\Delta V_g$  beaucoup plus petit, nous nous serions rapprochés de cette valeur de  $\mu = 17$  sans jamais l'atteindre car il faut savoir que cette valeur de « $\mu$ » eut changé selon les condi-

tions de travail du tube, c'est pour cela qu'il faut toujours préciser à quelle tension de plaque, de grille, et à quelle intensité il a été mesuré.

Reportez-vous aux caractéristiques officielles de la 12AU7/ECC82 que nous avons publiées dans la dernière causerie, vous constaterez que pour deux utilisations différentes, « $\mu$ » est de 20 dans un cas et de 17 dans l'autre.

Rien ne nous empêche de choisir un autre point « $i_a$ » sur le réseau de caractéristiques statiques de la figure 6, par exemple 10 mA au lieu de 5 mA.

En reproduisant le calcul

$$\mu = \frac{\Delta V_a}{\Delta V_g} \quad \text{pour } i_a = 10 \text{ mA}$$

nous obtiendrons une autre valeur de « $\mu$ ». On pourra donc tracer la courbe de variation de « $\mu$ » en fonction du courant « $i_a$ » : c'est la courbe de la figure 7. Or dans la pratique, pour simplifier les calculs, beaucoup de théoriciens du tube considèrent que les courbes de la caractéristique statique sont des droites également espacées et inclinées. Dans ce cas il est bien évident que « $\mu$ » n'est plus variable mais constant. C'est faux, mais on ferme les yeux. On verra plus loin dans notre étude que beaucoup de différences dites «subjectives» dans la transmission du son entre différents amplificateurs et surtout préamplificateurs viennent de cette approche trop élémentaire dans l'appréciation de la variation du coefficient d'amplification en fonction du point de fonctionnement choisi pour les tubes dans un circuit donné. En résumé « $\mu$ » représente le gain maximum en tension que l'on peut obtenir d'un tube donné. En pratique, le gain réel est toujours inférieur au gain maximum théorique. Mais continuons nos expériences voulez-vous ?

## LA RÉSISTANCE INTERNE

(figure 8)  $\rho = f(i_a)$

C'est le second facteur fondamental qui va nous permettre de compléter la carte d'identité de notre tube. Récupérez

## ET SI ON PARLAIT : «TUBES»

Figure 8 : courbe de variation de la résistance interne « $\rho$ » en fonction du courant d'anode « $I_a$ », remarquez la non linéarité et la décroissance importante de « $\rho$ » des petites valeurs de « $I_a$ » vers des valeurs plus importantes, ceci est dû à la courbure importante de la caractéristique « $I_a = f(V_g)$ » fig 6 lorsque l'on se rapproche du point de «cut off» du tube. Au «cut off» plus aucun courant ne circule dans le tube, la résistance interne tend alors vers l'infini.

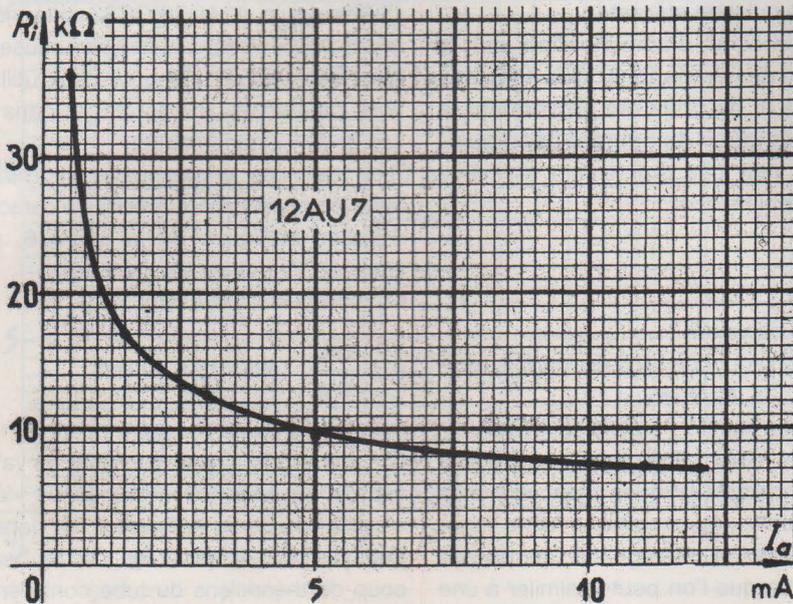
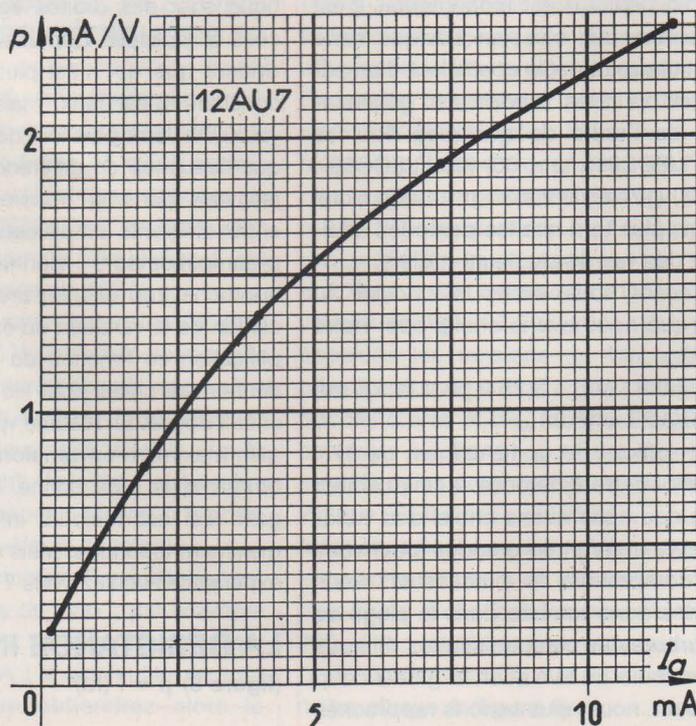


Figure 9 : courbe de variation de la pente S (en mA/V) en fonction du courant anodique « $I_a$ ». A l'inverse de la résistance interne la pente augmente avec le courant anodique.



le numéro 176 de la revue si vous ne l'avez pas jeté (dans le cas contraire

nous nous ferons un plaisir de vous en «vendre» un autre !).

Souvenez-vous : nous avons calculé la résistance interne d'une diode en précisant bien qu'un tube n'était pas fait pour être exposé sur une étagère et que sa résistance dite «statique» ne servait à rien (sauf à calculer le courant traversant un tube au repos). Ce qui est vrai pour la diode l'est encore plus pour notre triode qui est un tube amplificateur et qui va donc «voir» en permanence des tensions variables à amplifier.

Documentairement, nous allons tout de même calculer la «résistance statique» de notre tube à un point donné.

Par exemple, sur notre famille de courbes figure 6, reprenons pour « $V_g$ » = -5 V et « $V_a$ » = 150 V, le courant stabilisé à 5 mA (0,005 A). Appliquons la sempiternelle loi d'Ohm sans laquelle l'électronique n'existerait pas :

$$U = R \cdot I$$

Nous savons que  $R = U/I$  (R en  $\Omega$ , U en V, I en A). Donc au point considéré :

$$R = 150/0,005 = 30\,000\ \Omega$$

Si vous déclarez à cet instant : la résistance interne de ma triode est de 30 000  $\Omega$ , vous avez tout faux ! Et vous risquez d'avoir de très mauvaises surprises lorsque votre ampli se mettra à fumer ! En effet, la «résistance dynamique» du tube a une valeur bien différente ; voyons un peu cela.

Conservons la valeur de « $V_g$ » = -5 V et augmentons la tension « $V_a$ » jusqu'à 200 V. Comme prévu, le courant « $I_a$ » va passer de 5 mA à 11,5 mA. Donc à « $V_g$ » = constante (-5 V) une variation de « $V_a$ » de 50 V entraîne une variation de courant de 11,5 - 5 = 6,5 mA. C'est le quotient de ces deux variations qui va définir la «résistance dynamique» du tube. Dans notre exemple :

$$R_{\text{dynamique}} = 50/0,0065 = 7\,692\ \Omega$$

Valeur bien plus faible que la résistance statique de 30 000  $\Omega$  (vous comprenez pourquoi votre ampli fume ?). D'où la définition de la résistance interne d'une triode.

**«La résistance interne d'une triode est le quotient d'une petite variation de tension anodique par la variation de courant correspondante du courant**

de plaque, la tension de la grille de commande restant constante».

Cela s'écrit :

$$\rho = \frac{\Delta V_a}{\Delta I_a} \quad \text{pour } V_g = \text{Cte}$$

$\rho$  (qui se prononce rhô) étant la résistance interne dynamique du tube exprimée en  $\Omega$  (ohms).

Attention, nous avons écrit : «petite variation de tension anodique».

Toujours dans le but de vous faire comprendre le processus, nous avons choisi une variation de tension de 50 V, ce qui est beaucoup trop (ces damnées courbes ne sont pas toujours des droites). Il nous aurait fallu choisir une plus petite variation de tension pour obtenir une valeur rigoureusement exacte (7 000  $\Omega$  pour le 12AU7), cela dit 7 000  $\Omega$  et 7 692  $\Omega$  sont des valeurs assez proches. Pourquoi ? Parce que mathématiquement on démontre que la pente de la courbe caractéristique est la tangente de l'angle qu'elle forme avec l'axe horizontal. Sur notre famille de courbes on peut donc considérer qu'au point choisi les courbes « $V_a$ » = 200 V et « $V_a$ » = 150 V sont à peu près parallèles donc que leur pente peut être considérée comme identique (pour les mathématiciens : « $\rho$ » est la cotangente de l'angle formé par « $V_a$ » et l'axe horizontal, « $\rho$ » est donc l'inverse de la pente). En partant de cette constatation on peut considérer que sur les parties à peu près droites des caractéristiques la valeur de la résistance dynamique est la même pour **une large plage de travail du tube**.

Attention ! Je dis bien : «**dans la plage de travail du tube**»

Dès que l'on arrive dans la portion courbe de la caractéristique (figure 6) il n'y a plus de tangente ou de cotangente qui tienne !... La résistance interne grimpe très vite.

Nous verrons plus tard qu'en audio dite «subjective» on se sert de ce phénomène. Soyez patients !

Dans la plage de travail normale c'est-à-dire dans la partie «droite» des caracté-

ristiques, cette résistance peut avoir une valeur de 100 k $\Omega$  par exemple pour une 12AX7/ECC83 et peut prendre une valeur très faible pour des triodes de puissance (de 200 à 1 000  $\Omega$ ).

Et maintenant complétons la fiche signalétique de notre triode en parlant du troisième facteur fondamental :

## • LA PENTE (figure 9) $S = f(I_a)$

Lorsque nous avons parlé du coefficient d'amplification, nous vous avons précisé qu'il s'agissait d'un nombre pur ; on pourrait comparer cela à l'approche élémentaire de l'appréciation d'un individu. Vous pouvez dire : cet homme est fort mais vous n'avez aucune référence vous permettant d'apprécier ni sa force ni sa taille.

La pente d'un tube va exprimer numériquement la propriété fondamentale de la triode : sa capacité à contrôler un grand courant de plaque par une petite variation de la tension de grille.

Examinons de nouveau nos courbes figure 6 « $I_a$ » =  $f(V_g)$  à « $V_a$ » constante. Plaçons-nous sur la courbe « $V_a$ » = 150 V à « $V_g$ » = -5 V, le courant « $I_a$ » est de 5 mA.

Réduisons la tension « $V_g$ » de 1 V, passons donc à -4 V. Comme prévu, on enregistre une augmentation du courant « $I_a$ » qui passe de 5 mA à 7,2 mA soit une augmentation de 2,2 mA, on dira que la pente du tube à ce point est de 2,2 mA par V.

Ce qui peut s'énoncer de la façon suivante :

**«La pente est le quotient d'une petite variation de courant anodique par la variation correspondante de la tension de grille à tension d'anode invariable», et cela s'écrit :**

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta V_g} \quad \text{en mA / V}$$

à  $V_a = \text{constante}$ .

La caractéristique n'étant pas une droite mais un arc de parabole, vous pouvez vous amuser à faire le calcul en différents points de la courbe. Vous constaterez

que la valeur de la pente augmente à mesure que « $I_a$ » augmente (donc pour des valeurs de « $V_g$ » se rapprochant de zéro) et diminue à l'inverse pour des valeurs négatives.

A propos de la pente, les anglo-saxons utilisent le terme : «transconductance» qu'ils notent « $G_m$ » et dont l'unité est le «mho». Cette unité bizarre que ne renierait pas un jeune rappeur opérant dans le 93 est tout simplement le terme «Ohm» épelée à l'envers !

Je vous rassure tout de suite, il y a une logique dans tout cela. En effet :

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta V_g}, \text{ or}$$

c'est juste l'inverse de la loi d'Ohm

$$R = \frac{U}{I} \quad \text{c'est tout !}$$

Malheureusement le «mho» est trop grand. Dans notre exemple au point choisi, notre 12AU7 a une pente :

$$S = 2,2 \text{ mA/V}$$

Ce qui représenterait en «mho» :

$$G_m = 0,0022.$$

Ce «mho» a quelque chose de vexant, il est beaucoup plus compliqué à écrire que notre « $S$ » à nous suivi du terme «mA/volt». Les anglo-saxons ont donc adopté une unité plus petite qui est le «micromho» qui s'écrit « $\mu\text{mho}$ ».

Du coup notre 12AU7 aura une transconductance de :

$$G_m = 2\,200 \mu\text{mho}.$$

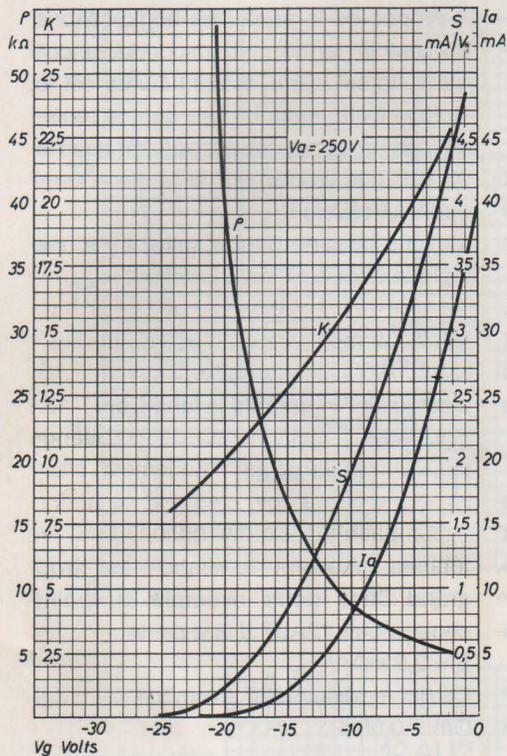
Si vous divisez par 1 000 vous retombez sur :  $S = 2,2 \text{ mA/V}$ .

Si je vous parle de cela c'est que vous trouverez le terme  $G_m$  en  $\mu\text{mho}$  dans tous les recueils de caractéristiques anglo-saxons.

Bon ! C'est pas tout ça, vous commencez à avoir une indigestion mais il faut tout de même terminer avec les paramètres, car on en parlera tout le temps, mais promis, juré, on ne reviendra pas sur leurs définitions. Encore un petit effort s'il vous plaît.

# ET SI ON PARLAIT : «TUBES»

Figure 10 : courbes de variations des trois facteurs  $\mu$ , « $\rho$ » et S en fonction du courant «Ia» pour une tension de plaque précise, ici 250 V. Comme vous pouvez le constater les «constantes» ne sont pas des «constantes» loin s'en faut !...



La Radiotechnique : Coprim - R.T.C.

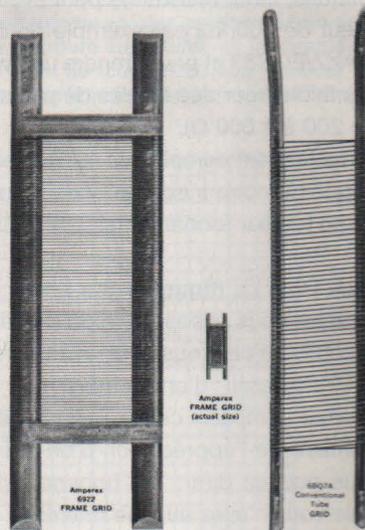


Figure 11 : 1957, naissance de la grille cadre avec la ECC88/6DJ8. Dès 1958 arrive sur le marché les équivalences industrielles E88CC, E188CC aux caractéristiques légèrement différentes. Ici la 6922 encore construite de nos jours qui équipe les trois quarts de nos préamplis et amplificateurs. A l'origine ces tubes ont été mis au point pour un fonctionnement en cascade dans les tuners télévision VHF et UHF. En audio un tri sévère est obligatoire, ces tubes sont malheureusement souvent microphoniques.

## LES RELATIONS FONDAMENTALES ENTRE $\mu$ , $\rho$ ET S

Des paramètres isolés, c'est parfait, ils définissent en quelque sorte la carte d'identité de notre tube, mais là où cela devient passionnant, c'est de savoir que quelques formules extrêmement simples les lient entre eux. La démonstration mathématique est simple elle aussi, mais nous ne la reproduisons pas ici car elle alourdirait inutilement notre propos, qui est de vous donner les éléments pratiques de l'utilisation des tubes électroniques.

Sachez que le coefficient d'amplification d'un tube est égal au produit de la résistance interne  $\rho$  (rhô) exprimée en ohms ( $\Omega$ ) par la pente exprimée en mA/volt. Cela s'écrit :

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

Il en découle que la résistance interne  $\rho$  d'un tube exprimée en  $\Omega$  est égale au quotient du coefficient d'amplification  $\mu$  par la pente S en milliampères par volt :

$$\rho = \mu / S$$

De même, la pente S (en mA/volt) est égale au quotient du coefficient d'amplification  $\mu$  par la résistance interne  $\rho$  en  $\Omega$  :

$$S = \mu / \rho$$

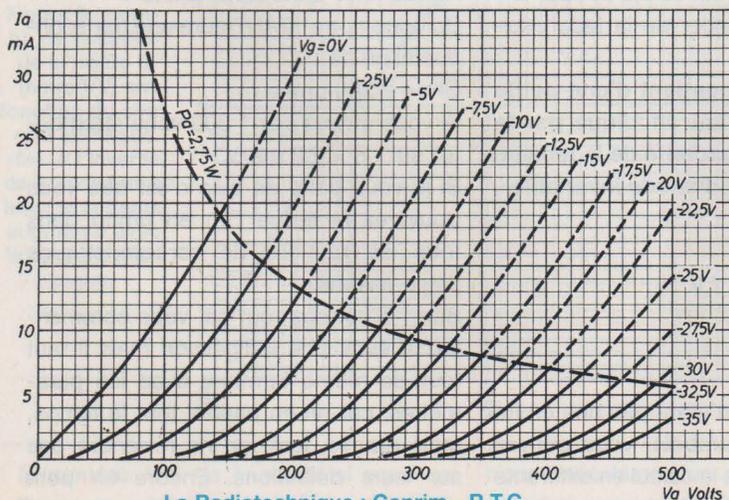
Ce sont les trois formules fondamentales de «tous» les tubes électroniques, quel que soit le nombre d'électrodes : retenir-les par coeur, c'est fondamental (et simple !) : ce qui fait dire à certains philosophes de l'électronique qu'avec la loi d'Ohm :  $U = R \cdot I$  et la formule magique :

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

On peut tout créer ! C'est presque vrai... en théorie !

Car attention comme nous venons de le

Figure 12 : caractéristiques statiques d'anode  $I = f(Va)$  à  $Vg =$  constante. Ce sont ces courbes que nous utiliserons désormais pour faire de la musique avec nos tubes. En pointillés la courbe de dissipation maximum à ne pas dépasser afin de ne pas tuer notre tube.



La Radiotechnique : Coprim - R.T.C.

# LA TRIODE MARTYRISÉE

voir, ces constantes  $\mu$ ,  $\rho$  et  $S$  ne sont pas des constantes, si j'ose m'exprimer ainsi ! Elles ne sont constantes que pour un point précis et unique de notre tube. La **figure 10** en est l'illustration parfaite, pour tracer ces courbes on a fixé la tension d'anode de la 12AU7 à 250 V puis on a fait varier la tension de grille de 0 à -20 V, d'où la courbe «la» qui représente la variation du courant en fonction de la tension de grille. Vous constaterez en vous déplaçant de 0 à -20 V que les valeurs de  $\rho$ ,  $\mu(k)$  et  $S$  varient dans des proportions non négligeables.

Dans les recueils de caractéristiques vous trouverez ces valeurs de  $\mu$ ,  $\rho$  et  $S$  pour une valeur bien précise de la haute tension  $U_a$ , de la polarisation  $-U_g$ , et du courant débité à ce point : «la». Je vous rassure tout de suite : le constructeur a choisi là un point de fonctionnement moyen correspondant à une utilisation standard de son tube. Malheureusement ce point moyen n'est pas nécessairement le point de fonctionnement optimal au sein d'un circuit donné, d'où les mauvaises surprises de bien des débutants, et de certains constructeurs «hâtifs» en terme de bande passante, distorsions et perturbations diverses qui altèrent un grand nombre d'amplificateurs.

Je vois ici certains lecteurs, qui ont déjà «tâté» du tube électronique (avec souvent d'excellents résultats) se gratter la tête avec perplexité.

Mais alors me diront ceux-ci : les pages noircies de calculs savants, démontrant que tel circuit fonctionne mieux que tel autre, est-ce un simple jeu de l'esprit, ou bien est-ce totalement inutile ? Bien sûr que non ! Mais tout électronicien sérieux vous dira que ces calculs ne sont utiles que pour dégrossir l'approche d'un circuit donné et qu'en aucun cas ils ne donneront une réponse précise sur l'ensemble des facteurs intervenants. Pourquoi ? Tout simplement parce que les constantes sont «variables», et pourquoi ces constantes varient-elles, tout simplement parce que les caractéristiques ne sont pas des droites, elles ne

sont pas non plus équidistantes ; et s'il fallait faire intervenir la loi de Child-Langmuir, et intégrer la notion d'arcs de paraboles semi cubiques dans les calculs, il y aurait de quoi déclencher une méningite à l'ordinateur le mieux disposé. En plus, cela ne servirait strictement à rien car les courbes caractéristiques d'un tube sont issues d'une moyenne établie à travers une centaine d'individus testés. Alors pour les calculs on a une fois pour toutes adopté la notion de réseau idéalisé. Nous en parlerons lors de la prochaine causerie.

## • DE QUOI DÉPENDENT $\mu$ , $\rho$ ET $S$

La valeur des paramètres  $\mu$ ,  $\rho$  et  $S$  dépend essentiellement de la construction mécanique du tube, et de sa géométrie.

Si vous nous avez suivi depuis le début, vous comprendrez qu'en fonction du principe même d'un tube électronique, en admettant que le vide à l'intérieur de l'enveloppe soit quasi parfait, les facteurs suivant vont être déterminants :

### \* La surface émissive de la cathode et sa température

De ce facteur dépendra l'alimentation en électrons de la charge d'espace.

### \* La distance cathode/anode.

### \* La distance cathode/grille

Plus la grille sera proche de la cathode, plus son action de contrôle sur la charge d'espace sera importante, de même que \* **Le pas de la grille et le diamètre du fil de grille**

En agissant sur tous ces facteurs, le constructeur d'un tube peut faire varier ses propriétés, quasiment à l'infini ; cependant il n'est absolument pas maître des relations liant les paramètres entre eux. Par exemple, en augmentant le pas de la grille, ce qui revient à écarter les mailles du filet, les électrons seront moins influencés par cette dernière et l'influence de la tension d'anode sera plus importante, donc le courant :

$$I_a = f(U_a).$$

La résistance interne sera plus faible, ainsi malheureusement que la pente  $S$  et le coefficient d'amplification « $\mu$ ». C'est la quadrature du cercle ! D'où les astuces de constructions diverses ; la grille cadre en particulier qui a permis de rapprocher simultanément la grille et l'anode de la cathode, donc d'obtenir des tubes à fort coefficient d'amplification, à forte pente et à résistance interne faible (ECC88, EC86, EC88, etc...) **figure 11**.

Grâce à cette grille cadre on arriva dans les années 60 à atteindre des pentes de 30 à 40 mA/volt dans des petits tubes amplificateurs de tension ce qui présente d'énormes avantages (on verra cela plus tard), mais attention **ne pas confondre la pente d'un tube avec son aptitude à délivrer de la puissance** (c'est une erreur communément faite). Cela n'a rien à voir, c'est même parfois incompatible. Mais ne brûlons pas les étapes. Nous en resterons là pour aujourd'hui après cet exposé un peu austère (il faut bien être sérieux de temps en temps !). Pour terminer, voici un petit exercice, nous allons tracer un autre réseau de caractéristiques c'est celui que nous utiliserons dorénavant).

C'est le réseau «la» =  $f(V_a)$  à « $V_g$ » = constante (**figure 12**). Pour ce faire, nous allons choisir plusieurs valeurs de « $V_g$ » en partant de zéro (0 V-2,5 V-5 V-7,5 V-etc) et pour chaque valeur de « $V_g$ » que nous garderons constante, nous relèverons toutes les valeurs de «la» en faisant varier « $V_a$ » de 0 à 400 V par exemple. Attention ne dépassez jamais la courbe en pointillés qui apparaît sur la figure 12, c'est la courbe de dissipation maximum de la 12AU7 que je vous apprendrai à tracer dans le prochain numéro où nous commencerons à jouer et à jongler avec tous les coefficients dont nous avons parlé aujourd'hui afin de faire fonctionner notre tube en amplificateur.

En attendant, je vais me servir un verre et allumer la télévision... pour changer un peu !...

**A bientôt.**  
**Rinaldo Bassi**

# NOUVELLE FORMULE

Cet été Beethoven s'invite dans  
Audio Vidéo Prestige

## Audio Vidéo PRESTIGE

**Nouvelle formule**

### KEF Reference 207

Un retour en force!

**7** Dossier  
amplificateurs  
intégrés  
de 460€ à 3600€



**NEC 42VP4S**  
Le plasma à son top

### CHORD DSP 8000

Le très haut de gamme  
britannique en 7.1 canaux...



**EN CADEAU!**

Le DVD audiophile:  
interviews, extraits  
de concerts en Dolby  
et DTS 5.1



Juillet/Août 2003 n°85

M 04310 - 85 - F: 6,80 € - RD



urg: 785 € - Canada (CAD): \$ 11,75 - Suisse (CHF): 11,70 FS - Mensuel

En kiosque actuellement

# Petites annonces gratuites

Vds 3 enceintes Celestion Pro.15 de 250 W, équipées de G15Z200CE (ø38 cm) avec RTT50 en médium/aigu et filtre 2 voies RT-15, excellent état, prix unitaire : 380 €. Contacter Mr Duval au 01 44 65 88 14

Vds TD160 sans bras : 85 € + TD125 + T30 : 100 € + TD Lenco 3033 bras en S : 85 € + 2 tweeters Beyma CP21 : 160 € + 4 HP Audax WFR24 : 160 € + 1WFR24 : 40 € + CD Jadis JD2 : 2000 €. Tél. : 03 20 33 16 93 ou 06 19 05 89 24

Vds ampli Mark Levinson ML11 très haute Hi-Fi, intégré Dumortier 2x40 W état exceptionnel (EL84) avec expasseur à tubes spécial vinyle, Tannoy DTM8 gold (21 cm) neuf, Thorens TD135 (qualité 124) + bras EMT. Achète vieux micros et très anciens audio. Tél. : 00 32 65 75 96 94 ou 00 498 13 73 24 (Belgique)

Vds convertisseur régulateur mono-tri 1,5 kW Altivar : 150 € + transfos neufs 2x16 V, 10 A : 25 € + oscillos 2x15 à 2x175 MHz et numériques. Tél. : 02 48 64 68 48

Vds divers HP Alnico large bande et tweeters : rare Altec Biflex 412C : 140 € + Supravox T245 neuf, Supravox T215RTF : 100 € + Isophon 21\*32 : 130 € + tweeters Audax TW9 : 20 € + préampli Sunsey Minimum de l'Audiophile + filtre actif caisson grave

LED : 60 € + platine Lenco L70 : 40 € + appareils à tubes très rare EMT + GBF oscillo tubes : 60 € + nombreux condos tous types chimique, papier. Tél. : 06 71 27 06 27

Vds CD Marantz CD66 : 180 € + TD Lenco L85IC : 120 € + ampli-tuner Tandberg TB2025L : 80 € + CD 66 Quad : 380 € + Revox 3780 : 450 € + B795 : 250 € + noyaux Nab : 80 € + 5 bandes Revox bobines métal + boîtes : 80 € + B710 à réparer : 140 € + CD Kenwood DP5050 : 150 €. Tél. : 01,64 38 21 49

Recherche valves AZ12, EZ12, AZ50, 81, GZ34, embase métal + TS HH18B Millerioux, 8 000 Ω + valve EZ150 Telefunken. Tél. : 01 42 04 50 75

Vds lot 6072/12AY7 x4 : 32 € + 6L6WGB Tungsol x2 : 30 € + EL34 Philips x2 : 30 € + 6SN7GT Sovtek x2 : 12 € + 6SL7GT x2 : 12 €. Tél. : 03 85 50 41 18

Recherche Nagra E et IS, mixette SQN type C. Michel. Tél. : 01 43 02 36 60

Vds projecteur 16 mm sonore Pathé, Joinville amplifié par tubes & HP 12" alimenté par auto-transfo 220/120 1000AT avec colleuse, prix : 200 €. Tél. : 03 23 74 24 63

Achète (dépt 59 ou 62) bobineuses de marque ou de fabrication personnelle,

faire offre ainsi qu'un lampemètre Métrix 310. Tél. : 06 83 65 85 46

Vds lampemètre USA, état neuf + lampes 5687, 5842, EL183, EC86, RL12P35 Telefunken AX50, PT141, 12SX7, etc + géné BF, scope, alims. Tél. : 04 94 91 22 13 (soir)

Vds platine magnétophone Truvox, 3 moteurs dont 1 past, 3 vitesses bobine ø18 + magnétophone Uher Variocord 63B, 4 pistes, 3 vitesses + platine K7 neuf 2 moteurs, 2 têtes + casque 3x3 voies : 29 € port compris. Tél. : 02 33 52 20 99

Vds HP 310CPC Selac dble ferrite, cône carbone. 31C, Siare, neufs, mesures Clio dispo : 305 €. Recherche tubes Neutron 6L6GC, années 60. Tél. : 01 30 37 82 84

Vds tubes RTC-Siemens E80CF, ECF80, ECF802, EF800, 5654, 5725, 2 tubes US6A5G, 3 transfos p.pull Chrétien. Tél. : 02 97 66 86 94

Cherche CI sab 3022C ou épave TV Bang & Olufsen 5500, 7700, 8800. Tél. : 02 40 25 82 02 ou 06 22 66 18 88

Vds 2 transfos de sortie Audax TU101 : 90 € les 2 port compris + 1 transfo de sortie Millerioux STS FH26B, prim 6,6K + PM, sec 2,5, 5, 10, 15, 20 Ω : 100 €. Tél. : 03 94 21 00 52

Cherche schémas plans circuit pour

ampli Guit zoom forward. Tubes série FX 1000 EQ by Aidean engineering, 70 W de 82. Tél. : 02 48 77 08 81

Vds double push 6V6 réalisé par le concepteur lui-même, Mr Duval, montage exceptionnel, tubes Electro-Harmonix, transfos Chrétien, prix : 780 €. Tél. : 01 47 97 91 88

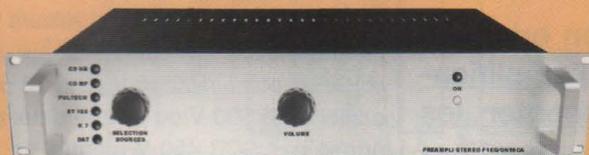
Vds condensateurs papier huilé de 0,1 µF à 8 µF, film plastique 1 et 2 µF / 500 V, Audio Innovation intégré série 500 Push-Pull EL34 : 1000 € + câbles DNM modul 2x1 m : 50 € + Osiris 2x44 cm : 50 € + 2x30 cm : 40 € + enceintes Grundig 2 voies : 75 € + ampli Sugden A28II + P28 : 300 €. Tél. : 03 80 38 26 19

Vds enceintes Goodmans 8 HP + grave passif par enceinte. Très agréables, tbe : 300 € + tuner Tandberg 3011 : 600 €. Tél. : 01 44 84 06 11

Vds tuner Mc Intosh MR7082 : 1065 € + enceinte JBL L8 modèle 2000 : 760 € + Altec Segovia, tweeter Audax : 300 € + tuner Marantz ST510 : 95 € + 2020L : 70 € + T25 : 70 €. (Alsace) Tél. : 03 89 59 09 17

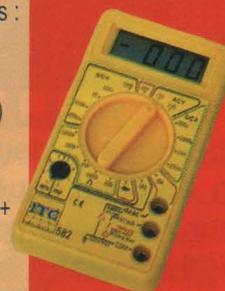
Recherche transfo alim 230 V/80 mA, 6,3 V/2 A + 2 transfos de sortie pour ECL82, P = 5, 6 kΩ, sortie 8 Ω, faire offre. Tél. : 06 75 53 24 66 ou 01 64 68 51 66 David

## KIT PRÉAMPLI HAUT DE GAMME DÉCRIT PAR A. COCHETEUX



Le kit comprenant l'ensemble des composants : transformateur et self ACEA, tubes Sylvania, Mullard, etc, potentiomètre ALPS, condensateurs MKP. ( sans circuits imprimés ni coffret )  
KIPREAMPC-1 .....390€00

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



MULTIMÈTRE ME582  
**OFFERT**  
POUR TOUT ACHAT  
D'UN KIT  
KIPREAMPC-1

## AGENCES ELECTRONIQUE DIFFUSION

### SIÈGE SOCIAL

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

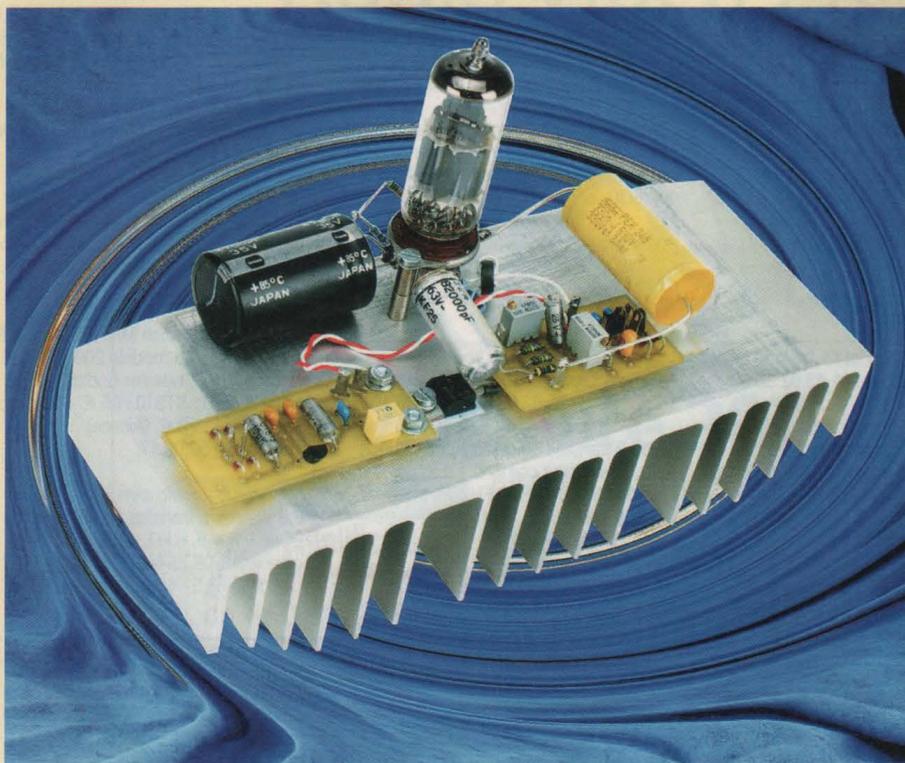


**NOUVEAU**

Module pré-ampli Vinyl RLC :  
KIPREAMPC-VNL .....259€00

Module Filtre RLC :  
KIPREAMPC-RLC ( le jeu de 2 ) .....68€00

## MU-FOLLOWER DE PUISSANCE MONO-TUBE A EL183 OU 6C45



**Abordons la deuxième partie de cette réalisation originale en étudiant tout d'abord les alimentations de l'amplificateur. Nous verrons ensuite comment interconnecter les modules entre eux et terminerons par des mesures effectuées à la rédaction sur le prototype de l'auteur.**

**N**otre amplificateur nécessite une alimentation de 500V pour assurer un fonctionnement optimal. Vu les faibles courants requis, 30 à 32 mA par voie au repos, 38 à 40 mA à pleine puissance, il est légitime d'envisager une alimentation active, même si un type passif à filtrage LC pourrait s'avérer ici parfaitement utilisable. Il me semble tout à fait justifiable de vouloir obtenir un rapport S/B de l'ordre de 95 à 100 dB, cet amplificateur étant destiné à des enceintes à haut rendement avec lesquelles le moindre

défaut de filtrage de l'alimentation est audible sous forme d'une ronflette intolérable...

### ALIMENTATION

Une alimentation stabilisée du genre de celle déjà décrite dans cette revue va nous permettre sans difficulté d'y parvenir pour un coût modique (Led N° 173). Il va être cependant indispensable de modifier quelques valeurs de composants afin que celle-ci puisse supporter des tensions aussi élevées que 500 V.

Ainsi, il conviendra d'utiliser un Mos possédant un  $V_{DS}$  max de l'ordre de 800 V au moins, comme les BUZ80 ou BUZ50 par exemple. A ce sujet, n'omettez pas de soigner l'isolement, surtout si vous utilisez un dissipateur commun pour le circuit de polarisation du Mos et l'alimentation. La tension d'isolement des condensateurs devra quant à elle être de 400 V= ou 630 V=, ce qui va nécessiter d'utiliser des valeurs de 470 nF pour des raisons d'encombrement sur le circuit imprimé. Les 3 résistances de référence R2 ayant pour valeurs 150 kΩ chacune, le générateur de courant à base d'un TL431 devra débiter environ 1,1 mA pour pouvoir obtenir 500 V aux bornes de leur association série.

Pour les lecteurs n'ayant pas eu connaissance de l'article publié dans notre n°173, nous redonnons le schéma, le circuit imprimé ainsi que le plan de câblage du module de stabilisation aux figures 15, 16, 17.

Ainsi modifiée, notre petite alimentation assurera de bons et loyaux services, avec une bonne fiabilité et l'avantage d'avoir une montée en tension progressive, salvatrice pour les tubes, ainsi qu'un faible bruit en sortie. Il est d'ailleurs vivement conseillé de connecter sur cette sortie un condensateur de 2 à 10  $\mu$ F au papier huilé 630 V ou encore deux polypropylènes SCR 450 V montés en série avec résistances d'équilibrage de 470 kΩ 1 W. Vous pourrez, au choix, opter pour une alimentation par canal ou une seule pour l'ensemble stéréo... Vu le faible surcoût, je pense qu'il est préférable de choisir la première solution. Pour le transformateur d'alimentation, là encore, plusieurs choix s'offrent à vous : soit un modèle classique 450 V ou 2x230 V, soit 3 transformateurs 230/9 V ou 230/12 V. Quelle que soit l'option choisie, la solution classique du filtrage LC à la suite des redresseurs permettra d'éliminer les pics de commutation des diodes. Vous trouverez les schémas des deux possibilités faisant usage de condensateurs d'assez faibles valeurs en figures 18 et

# MONO-TUBE EL183 (6C45)

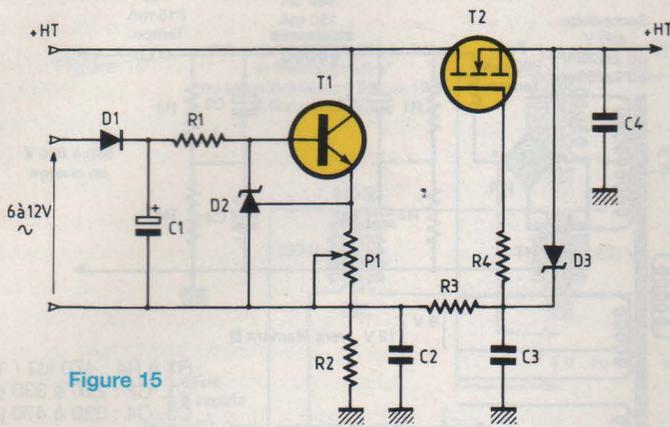


Figure 15

## NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

### ALIMENTATION HAUTE TENSION

R1 = 1 k $\Omega$  / 5 % / 1/4 W  
 R2 = 3 x 150 k $\Omega$  / 1 % / 1/4 W  
 R3 = 470 k $\Omega$  / 5 % / 1/4 W  
 R4 = 221  $\Omega$  / 1 % / 1/4 W  
 P1 = 4,7 k $\Omega$  25 tours  
 C1 = 470  $\mu$ F / 16 V  
 C2, C3 = 470 nF / 630 V polyester  
 C4 = 1  $\mu$ F / 630 V ou 1 000 V polypropylène  
 (C de sortie : voir texte)  
 D1 = 1N4007  
 D2 = TL431  
 D3 = Zéner 16 V  
 T1 = 2N3439 ou 3440  
 T2 = BUZ80, MTP 1N100, BUZ50 ect...

Figure 17

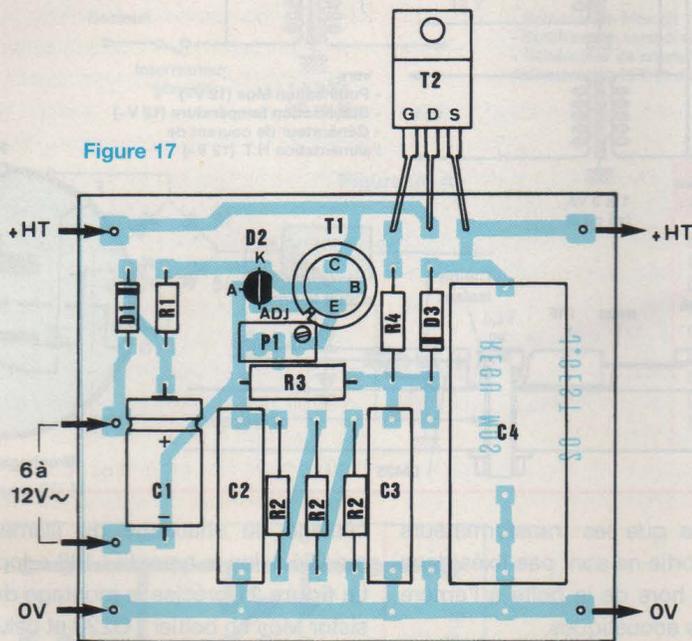
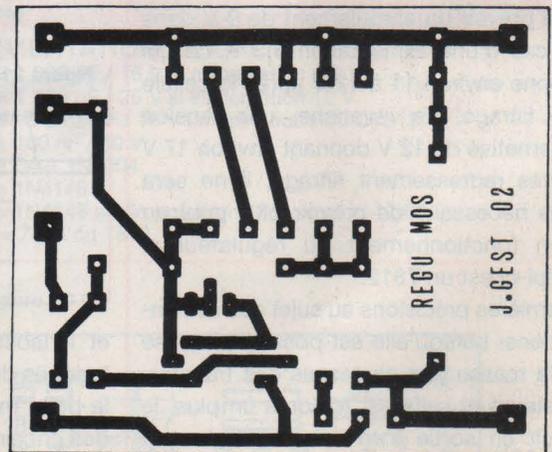


Figure 16



19. Quoi qu'il en soit, il ne faudra pas perdre de vue que la réalisation de l'amplificateur nécessite un certain nombre d'enroulements puisque chaque canal a besoin d'une tension filament 6,3 ou 12,6 V selon le tube utilisé, et de deux tensions de 12 V destinées à la polarisation du Mos et à sa stabilisation en température. S'ajoute à cela un ou deux enroulements 12 V pour l'alimentation des générateurs de courant du montage stabilisateur. Il est absolument impératif que l'isolement galvanique entre tous ces enroulements soit parfait et l'utilisation d'écrans électrostatiques entre

ceux-ci sera obligatoire, sans quoi persistera un ronflement impossible à éliminer. C'est pourquoi je ne saurais trop recommander de se procurer cinq ou six petits transformateurs 230/12 V de très faible puissance, 2 ou 3 VA, afin qu'aucun couplage ne puisse se produire entre les différents enroulements. Par ce biais, il est possible d'atteindre un rapport S/B excellent, du même ordre de ce que l'on obtiendrait en alimentant par piles le Mos et le circuit stabilisateur. En général, ce principe d'utiliser plusieurs transformateurs simples en lieu et place d'un seul élément multi-enroulements apporte des

améliorations sensibles sur un amplificateur, et cette solution est recommandable tant qu'elle ne se solde pas par un encombrement et un surcoût important. Par ailleurs, il sera souhaitable d'alimenter le filament des EL183 en courant continu, le gain important de celles-ci les rendant sensibles sur ce point. Vous trouverez à cet effet un petit circuit imprimé à base de régulateur intégré en figure 20 (A, B, C). Quelle que soit votre décision, à savoir alimentation alternative ou continue, il faudra toujours référencer à la masse le filament afin de soigner le rapport S/B. Il me semble important de



# MONO-TUBE EL183 (6C45)

Figure 19

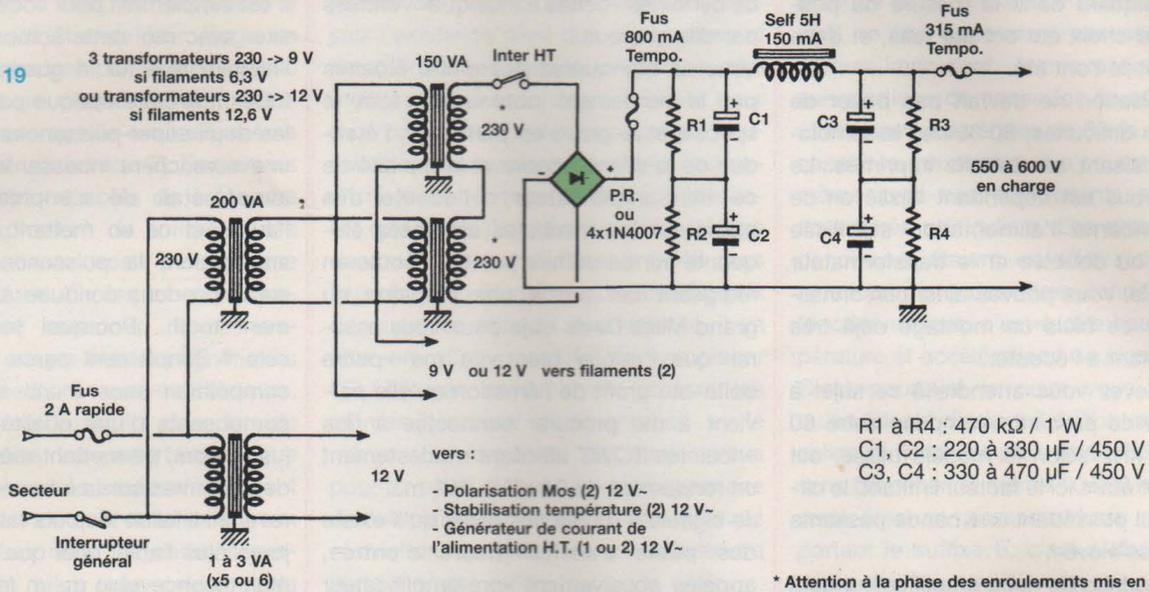


Figure 20 A

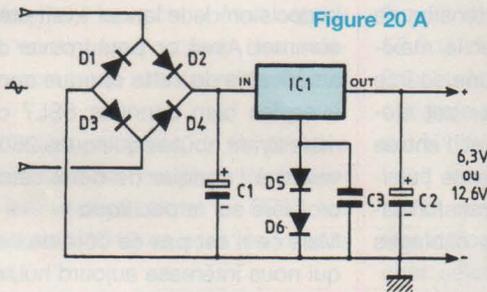
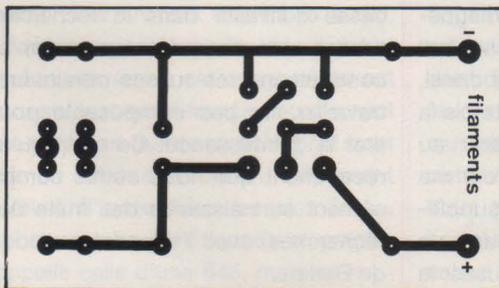


Figure 20 B

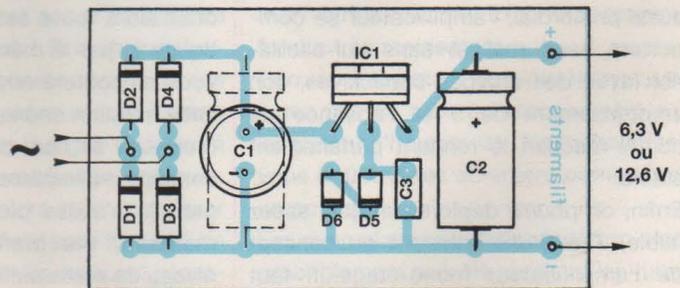


## NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

### ALIMENTATION FILAMENT

C1 = 1 000 µF / 16 V si alimentation 6,3 V  
C1 = 1 000 µF / 25 V si alimentation 12 V  
C2 = 10 à 22 µF / 16 V tantale goutte ou CTS13  
C3 = 100 nF / 50 V  
D1 à D4 = 1N4004  
D5 = 1N4148  
D6 = 1N4148 si alimentation 6,3 V, strap si 12,6 V  
IC1 = 7805 ou 7812

Figure 20 C



- Connecter la prise CINCH de la modulation à la résistance R2 qui charge la grille de l'EL183.
- Réunir le «gate» du Mosfet à l'anode de l'EL183 avec le condensateur de liaison C4. Cette anode est également à relier au réseau de polarisation R2-R3-RV2 de la plaquette «Polar Mos».
- Connecter la «source» du Mosfet au primaire du transformateur de sortie ou à

la fiche HP si le transformateur est extérieur au boîtier de l'amplificateur.

- Connecter l'autre extrémité du primaire de Tr1 aux condensateurs C5-C6-C7 en se servant d'une autre fiche HP si le transformateur est extérieur.

Pour le reste, il ne s'agit que de fils d'alimentations, la HT de 500 V, le 6,3 V ou le 12 V, alternatif ou continu.

## PERFORMANCES ET CONCLUSION

J'espère avant toute chose que la description un peu longue de ce montage n'aura pas découragé les lecteurs... Il m'a semblé intéressant d'un point de vue pédagogique de détailler point par point le fonctionnement du petit amplificateur

## MU-FOLLOWER DE PUISSANCE

en expliquant dans la mesure du possible les choix qui ont été faits, et dans quel but ils l'ont été.

La réalisation ne devrait pas poser de grosses difficultés, 80 % de l'assemblage se faisant sur circuits imprimés. Le choix vous est cependant laissé en ce qui concerne l'alimentation stabilisée simple ou doublée et le transformateur de sortie. Vous pouvez ainsi personnaliser par ce biais ce montage déjà très performant à l'écoute...

Vous devez vous attendre à ce sujet à une bande passante comprise entre 80 et 120 kHz selon le modèle utilisé, cet élément étant ici le facteur limitant, le circuit seul possédant une bande passante bien plus élevée.

La puissance de notre amplificateur sera comprise entre 5 W pour l'EL183 et 7 W pour la 183P (puissance max s'entendant à 5 % de distorsion), voire un peu plus en augmentant légèrement la tension d'alimentation, ce que je ne recommande pas ! (525 V étant un maximum à ne pas dépasser).

Point très important : la puissance impulsionnelle sera plus élevée de quelques watts, ce qui est un plus lorsqu'il s'agit d'amplifier un signal musical et non une « pauvre » sinusoïde... Autre point tout aussi primordial, l'amplificateur se comportera sans mal et sans sur-oscillation avec des charges capacitives, son amortissement de 5 et l'absence de contre-réaction le rendant parfaitement stable.

Enfin, on pourra déplorer un gain assez faible, 7 à 9 dB, inhérent au concept de l'amplificateur mono-étage... Il faut tenir compte tout de même que ce seul étage se charge ici d'amplifier en tension, courant, et d'abaisser l'impédance de sortie à un niveau exploitable ! N'en réclamons pas trop ! Mais croyez-moi, avec des enceintes à haut rendement et branché directement à la sortie d'une source CD de qualité ou d'un préampli vinyle, vous prendrez déjà beaucoup de plaisir pour un investissement assez dérisoire au regard du prix astronomique

de certaines « boîtes à musique » vendues par des gourous...

Vous ne manquerez pas d'être étonnés par le rendement obtenu sur tout le spectre et le grave en particulier, l'étendue de la scène sonore et la rapidité de ce mini-amplificateur : l'écoute des balais sur les cymbales est assez éloquente sur ce dernier point. J'écoute en rédigeant cet article une réédition du grand Miles Davis et je peux vous assurer que j'oublie bien vite ma « petite boîte » au profit de l'émotion qu'elle parvient à me procurer connectée à des enceintes TQWT affichant modestement un rendement de 94 dB/1 W/1 m...

Je signale à toutes fins utiles qu'il existe des petits transformateurs d'entrée, appelés abusivement « pré-amplificateur passif » (et pourquoi pas fil droit avec du gain ?), présentant un gain en tension de 12 dB, qui permettent de tirer le maximum de puissance à partir d'une source haut niveau. Il suffira d'insérer cet élément entre le potentiomètre et l'entrée du montage, en prenant garde de l'éloigner le plus possible des transformateurs d'alimentation et autres câblages transitant du 50 Hz.

Prenez garde aussi de ne pas choquer leur fragile blindage en mu-métal qui perdrait alors toute ses propriétés magnétiques et par là même toute efficacité. Il vous en coûtera environ 60 € par canal, cette solution onéreuse étant toutefois la meilleure si l'on désire s'en tenir au concept minimaliste du projet. Pour ma part, je n'utilise pas cet étage supplémentaire, ma platine laser ayant un niveau de sortie suffisant pour pousser le montage dans ses derniers retranchements.

### FROM RUSSIA WITH LOVE...

Ou bon baiser de Russie... Ne soyez pas étonné de cette référence au célèbre agent secret, vous êtes bien en train de lire Led et non les cahiers du cinéma. Si je vous parle de ce film des années 60,

c'est simplement pour vous inviter à revisiter avec moi cette sombre période de l'histoire que fut la guerre froide, côté tubes... A cette époque pas si lointaine, les deux super-puissances se livraient à une surenchère incessante dont le but avoué était de s'impressionner l'un l'autre, et ce en mettant au point des armes dont la puissance dévastatrice aurait pu nous conduire à l'anéantissement total... Pourquoi vous parler de cela ? Simplement parce que de cette compétition sans merci sont nés des composants d'une qualité inimaginable jusqu'alors, permettant même d'envoyer des hommes sur la lune... et de les faire revenir ! Il fallait toujours faire mieux, toujours plus fiable, quel que soit le prix. Il était inconcevable qu'un missile transatlantique ne puisse arriver à destination si la décision de le lancer avait été prise au sommet. Ainsi, on peut trouver des tubes américains de cette époque compatibles avec les bien connues 6SL7 ou 6SN7, mais ayant coûtés quelques 250\$, l'équivalent à l'époque de deux semaines de croisière sur le pacifique !

Mais ce n'est pas ce côté de l'atlantique qui nous intéresse aujourd'hui, mais plutôt l'ex-bloc soviétique.

En effet, alors que les américains avaient cessé d'investir dans la recherche du tube à vide pour développer les semi-conducteurs, les russes continuèrent à travailler sur ces composants pour en tirer la quintessence. Ce n'est qu'assez récemment que nous autres européens eûmes connaissance des fruits de ces recherches, avec l'effondrement du mur de Berlin...

Le plus connu de ces tubes est sûrement le 6C33, merveille à 7 broches si souvent mal utilisé de nos jours, dont les caractéristiques étonnèrent tous les spécialistes il y a 10 ans. Ce tube sensationnel était, paraît-il, un constituant essentiel des alimentations des radars et autres systèmes de radio des avions de chasse MIG. Mais pourquoi cet acharnement des russes à développer ces tubes alors qu'en 1975, tous les matériels de trans-

# MONO-TUBE EL183 (6C45)

missions étaient déjà transistorisés, à l'exception peut être de leur étage de sortie ? Simplement parce que l'armée russe voulait se mettre à l'abri d'une arme redoutable qu'elle avait elle même mise au point : la bombe Z. Ces armes étaient en effet capables de créer une véritable explosion de micro-ondes d'une puissance colossale pendant une durée très courte. Or, les tubes électroniques étaient beaucoup moins sensibles à ces orages électromagnétiques que les éléments à semi-conducteurs, les électrons se déplaçant dans le vide subissant moins les perturbations que dans la matière. Les américains étaient bien conscients de cela et utilisaient eux aussi des tubes dans les endroits sensibles : c'est bien pour cela que la WE300B a été produite jusqu'au début des années 80 ! Leur choix était cependant de continuer à utiliser des références anciennes, contrairement aux russes.

Bref, les tubes militaires de la dernière génération sont les meilleurs représentants de leur espèce ! Outre les 6C33, les 6H23 et autres 6C19 en sont les vivants exemples.

Plus le temps passe et plus les marques comme SOVTEK récupèrent ces modèles militaires pour en faire des tubes audio, leur linéarité exceptionnelle les destinant tout naturellement à cet usage. Ainsi est apparu sur le marché français au moment même où j'allais mettre un point final à cet article un tube d'exception, dépassant nos rêves d'audiophiles les plus fous... Imaginez un tube dont l'anode en graphite rappelle celle d'une 845, mais en support noval et pour une hauteur égale à celle d'une ECC83 !

Imaginez un tube dont la pente avoisinant les 45 à 50 mA/V équivaut à quatre 6922 mises en parallèle ! Imaginez enfin un tube dont la linéarité n'aurait rien à envier à toutes les triodes à grilles «cadre» dont je suis si friand ! Ce tube existe et se nomme 6C45pi.

C'est peu de temps avant que ce tube soit disponible en France qu'un ami me

permis de m'en procurer. J'en connaissais l'existence ainsi que les courbes et caractéristiques depuis longtemps déjà mais avais dû renoncer à l'utiliser pour mon projet, persuadé de ne jamais pouvoir en approvisionner... Mais aujourd'hui, je suis en mesure de vous présenter, que dis je, j'ai l'honneur et l'avantage de vous proposer d'utiliser la 6C45 dans l'ampli mono-étage mono-tube. Au prix de quelques mineurs ajustements, il va être en effet possible de remplacer l'EL183 par ce tube en gardant les mêmes tensions d'alimentation et le même transformateur de sortie. Vous pourrez ainsi essayer les deux versions de l'amplificateur et retenir celle qui vous conviendra le mieux, et qui conviendra surtout à vos oreilles !

Pour utiliser la 6C45, rien de plus simple ! Il suffit d'adopter pour R1 une valeur de 57,6  $\Omega$  et de porter la charge d'anode à 9,3  $\Omega$  par réglage de RV2. La polarisation optimale de ce tube se situant aux alentours de  $V_A = 190$  V pour  $I = 40$  mA, il vous faudra régler RV1 dans ce sens. Notez que la valeur de R1 est donnée à titre indicatif, il se peut qu'il faille la retoucher selon la série de 6C45 dont vous disposerez.

En effet, la dispersion des caractéristiques de ce tube est assez importante selon les échantillons... Si la valeur standard de 57,6  $\Omega$  ne convenait pas, il vous faudra souder à la place une résistance ajustable de 100  $\Omega$  et la régler de façon à obtenir le point de polarisation optimum. Vous n'aurez plus alors qu'à remplacer l'ajustable par une résistance fixe 1 % de valeur la plus proche. Il sera aussi nécessaire d'enfiler sur la connexion d'anode une perle de ferrite, tout comme avec l'EL183. Vous n'aurez cependant pas à câbler la «grille 2», puisque nous avons ici une vraie triode ! Notez aussi que la 6C45 devant avoir son filament alimenté sous 6,3 V, vous n'aurez pas le choix comme avec l'EL183.

Le tube 6C45 est capable de dissiper près de 8 W à l'anode. Au point de polarisation choisi, nous nous trouvons

presque à ce niveau de puissance, ce qu'il ne faut cependant pas considérer comme imprudent. Je m'explique... Si je suis partisan de conseiller de ne jamais utiliser les tubes à plus de 80 % de leurs capacités maximales, il n'en est pas de même avec ces composants aéronautiques très particuliers. Les data sheets de ceux-ci étaient en effet rédigés en tenant compte des pires conditions de fonctionnement, c'est-à-dire haute température et accélérations de plusieurs G. C'est pourquoi je peux vous affirmer qu'en faisant dissiper 7,6 W à vos 6C45, celles-ci tiendront plus de 5 000 heures sans broncher, et même 10 000 heures si vous êtes en possession de modèles portant le suffixe E, c'est-à-dire longue durée de vie.

Nous n'utilisons pas nos chers amplis dans des avions de chasse et les jetons rarement par la fenêtre pour voir si les tubes tiennent le coup. En ce qui concerne la tension anodique, si celle-ci est donnée pour 150 V max, il n'y a aucun danger à utiliser les tubes à 200 V. Vous ne constaterez pas de rougeoiements avant d'atteindre 12 W... Je déconseille cependant vivement l'expérience, car les tubes à très forte pente peuvent «occire» en un clin d'œil en cas d'emballement, leur «grille cadre» très fine pouvant fondre très rapidement.

Dernier détail qui a son importance : ne jugez pas ce tube à l'écoute avant une vingtaine d'heures de fonctionnement, vous le trouveriez sûrement comme moi un peu mou.

Les exemplaires en ma possession n'ont probablement pas été vieillis et les tubes à anode graphite demandent à fonctionner quelques heures afin d'absorber les gaz résiduels.

## 6C45 ET PERFORMANCES

Elles sont excellentes... D'une part, la résistance interne de la 6C45 étant très faible ( de l'ordre de 900  $\Omega$  à 1 k $\Omega$  ), la bande passante sera légèrement plus élevée qu'avec l'EL183. Mais c'est sur-

# MU-FOLLOWER DE PUISSANCE

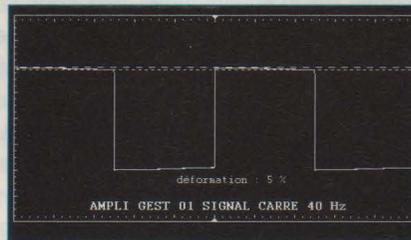
tout au niveau de la puissance disponible que ce tube va être intéressant. Nous allons faire un véritable bond en avant sur ce plan !

Nous allons atteindre en effet 10 W pour 5 % de distorsion, voire un peu plus en impulsion, ce qui est exceptionnel pour un circuit aussi simple. Vous comprenez à la vue de ces performances que les résultats de distorsion vont être à la hauteur de vos espérances. On peut dire simplement qu'à puissance égale, nous obtiendrons moitié moins de distorsion qu'avec une EL183. De plus, la 6C45 est quasiment non microphonique, ce qui se traduit à l'écoute par une plus grande clarté, surtout à forte puissance. Puisque nous abordons l'écoute, parlons en ! Elle est excellente !

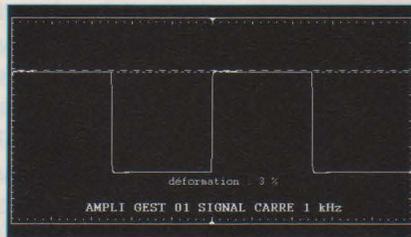
Le grave est plus tendu, mieux tenu, conséquence de la plus faible résistance interne du tube. L'aigu est quant à lui très fin et monte subjectivement plus haut, la moindre capacité d'entrée et la non microphonicité de la 6C45 étant sûrement à l'origine de ces constatations. Le manque de sensibilité peut tout de même constituer un problème comme avec l'EL183. Au niveau impulsionnel, l'avantage va sans conteste à la 6C45 qui permet d'atteindre deux fois plus de puissance que sa consoeur. Cet avantage est très perceptible sur le piano que la 6C45 reproduit avec beaucoup de subtilité, la très faible distorsion permettant un très bon respect des timbres.

Bref, vous allez, je l'espère, prendre beaucoup de plaisir à écouter ce monotube, quel que soit votre choix de tube... A la décharge de l'EL183, je dois préciser que le seul véritable problème que pose la 6C45 est de présenter aussi une prédominance de l'harmonique H3 par rapport à l'H2.

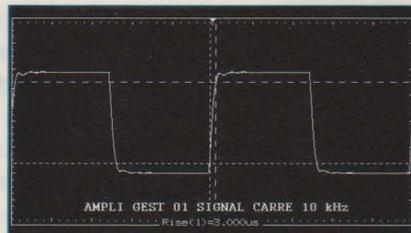
En effet, force est de constater que la symétrisation nécessaire à l'obtention d'une puissance de sortie exploitable est à l'origine de l'annulation quasi totale de l'H2. En cela, nous voyons bien que notre montage ne se comporte pas réellement comme un «single ended», du



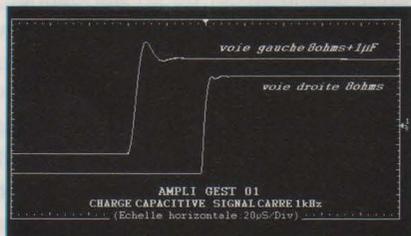
Signal carré à 40 Hz



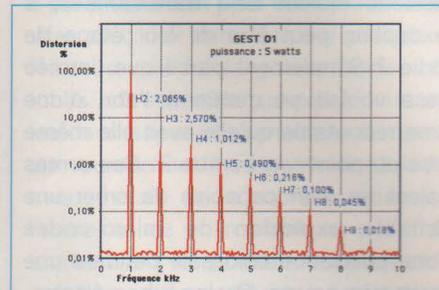
Signal carré à 1 kHz



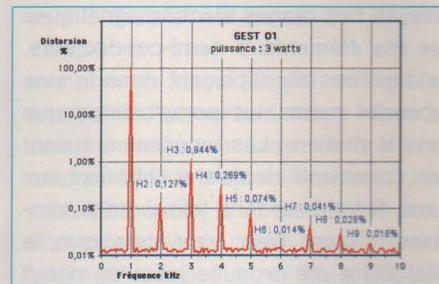
Signal carré à 10 kHz



Comportement sur charge capacitive



Spectre de distorsion



Spectre de distorsion

Puissance efficace : 6 W  
Sensibilité d'entrée : 3,2 V  
Puissance impulsionnelle : 6 W  
(Gain de 0 W ou 0 %)

Rapport signal/bruit :

LIN : 109 dB    Pondéré : >140 dB

Diaphonie : 108 dB

Distorsion par harmoniques totale

Fréquences	5 W (-1 dB)	3 W (-3 dB)
100 Hz	2,8 %	0,95 %
1 kHz	3 %	0,95 %
10 kHz	2,2 %	0,80 %

moins en régime de forts signaux. Notre modèle équivalent n'est en effet valide qu'en régime petits signaux, là où notre circuit se comporte bien comme je l'ai décrit.

Pour clore définitivement ce long article, je dirai que la 6C45 est très intéressante si vous utilisez des enceintes à 2 ou 3 voies ayant un rendement supérieur à 92 dB. En revanche, si comme moi vous possédez des larges bandes à haut rendement > 94 dB, je vous conseillerai plutôt l'EL183, qui bien que non exempté de défauts, possède un côté naturel assez

indéfinissable avec une ouverture de la scène sonore réellement remarquable... Un tube presque vivant, une découverte dont je suis fier !

Les corrélations entre écoutes et mesures ne sont décidément pas toujours faciles à faire... Rien n'est simple dans le monde de l'audio, c'est bien ce qui fait tout son charme...

Je vous souhaite beaucoup de plaisir et de bonnes écoutes à tous, mais avant tout... à vos fers à souder !

Jérôme Gest

# 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

816 pages, tout en couleurs



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

**NOUVEAU**

## Catalogue Général

# 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 2004 Selectronic**  
à l'adresse suivante (ci-joint 5,00€ en timbres-poste (10 timbres de 0,50€) ou 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"

# FREQUENCE TUBES

La passion des tubes

**HORAIRE D'ÉTÉ**  
DU MARDI AU SAMEDI  
DE 14 H À 18 H  
TOUTES LES COMMANDES  
SERONT TRAITÉES  
DURANT LES VACANCES

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



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

## TRANSFORMATEURS

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

Cuve peinture au four  
Transfo moule résine

Capot nickelé poli



<b>LED N°169</b>	TRANSFO ALIM :	115,00 €
PUSH PULL 845	TRANSFO SORTIE :	86,00 €
SCHEMA R. CARIOU	INDUCTANCE :	52,00 €
	INTERETAGE :	65,00 €

## Transformateurs audio

(Fabrication française : MAGNETIC SA)

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

## Sortie

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

## Alim

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

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

COMPOSANTS :

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

RÉPARATION ET RESTAURATION  
DE TOUTES LES ÉLECTRONIQUES :

TUBES ET TRANSISTORS  
TOUTES MARQUES

**Promo Tubes**

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



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

## Tubes ELECTRO HARMONIX

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

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

DISPONIBILITÉ D'UN VASTE ASSORTIMENT DE TUBES AMÉRICAINS

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

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

site : [magnetic.com.free.fr](http://magnetic.com.free.fr)

## TUBES ÉLECTRONIQUES



### SOVTEK

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

## DIVERS

6N1P	SVETLANA	18,00 €
6J5	EUROPE	13,00 €
EC86	EUROPE	8,00 €
EZ80	EUROPE	13,00 €
5998	USA	50,00 €
845	CHINO	75,00 €
807	EUROPE	25,00 €
EF86	EUROPE	13,00 €
ECL82	EUROPE	12,00 €
ECL86	EUROPE	13,00 €
EL509	EUROPE	30,60 €
EL183	EUROPE	9,00 €
EL34	JJ/TESLA	22,00 €

## USA - Military JAN tubes

6AS7G	JAN	18,00 €
6AV6	JAN	11,00 €
6C4WA	JAN	17,94 €
6U8A/ECF82	JAN	13,00 €
6X4 WA	JAN	10,00 €
829B/3E29	JAN	64,00 €
5814 A/12AU7	JAN	15,00 €
6080 WC	JAN	22,00 €
0A2	JAN	8,00 €
0B2	JAN	8,00 €
6AN8	JAN	17,94 €
5842/417A	JAN	17,00 €
6AQ8/ECC85	JAN	24,00 €
6B4G	JAN	68,30 €
12AZ7	JAN	20,00 €
567OW	JAN	15,55 €
7199	JAN	51,00 €

## Supports tubes

NOVAL CI	2,90 €
NOVAL CHASSIS OR	6,10 €
NOVAL CHASSIS BLINDÉ	4,00 €
OCTAL CI	2,90 €
OCTAL CHASSIS USA	4,60 €
MAGNOVAL	4,50 €
JUMBO (845) OR	19,00 €

## Potentiomètre PIHER

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

## CONDENSATEURS

### Condensateurs LCR

(Made in England)

16 + 16 $\mu$ F	/ 450 v	24,00 €
32 + 32 $\mu$ F	/ 500 v	26,00 €
50 + 50 $\mu$ F	/ 500 v	27,00 €
100 + 100 $\mu$ F	/ 500 v	28,00 €
500 $\mu$ F	/ 500 v	43,00 €



### Condensateurs F&T

(Made in Germany)

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



### Condensateurs AERO-M

(Made for Mallory-USA)

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



### Condensateurs "JJ"

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



### Condensateurs mica-argenté

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



### Sprague "ATOM" standard

(USA)

10 $\mu$ F	/ 500 v	8,00 €
20 $\mu$ F	/ 500 v	8,50 €
20 $\mu$ F	/ 600 v	17,00 €
40 $\mu$ F	/ 500 v	12,50 €
80 $\mu$ F	/ 450 v	12,00 €



### Condensateurs

(Made in Japan) "Illinois"

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



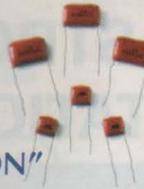
BIBLIOGRAPHIE (DATA BOOK) : ÉQUIVALENCES ET BROCHAGES



### Condensateurs "XICON"

(Made in Japan) - polypropylène

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



### Condensateurs Sprague "orange Drops"

715 polypropylène

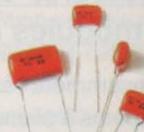
1 nF	/ 600 v	1,15 €
1,5 nF	/ 600 v	1,17 €
2,2 nF	/ 600 v	1,20 €
3,3 nF	/ 600 v	1,23 €
4,7 nF	/ 600 v	1,25 €
10 nF	/ 600 v	1,28 €
15 nF	/ 600 v	1,66 €
22 nF	/ 600 v	1,74 €
47 nF	/ 600 v	2,04 €
68 nF	/ 600 v	2,43 €
100 nF	/ 600 v	2,68 €
150 nF	/ 600 v	3,57 €
220 nF	/ 600 v	4,85 €
470 nF	/ 400 v	4,72 €



### Condensateurs Sprague "orange Drops"

série 716 très haute performance

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



### Condensateurs F&T

(Made in Germany)

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



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



#### LED N°176

PUSH PULL 6AS7G  
SCHEMA R. CARIOU

KIT TRANSFOS : 250,00 €  
KIT COMPLET : 650,00 €

### Condensateurs "Audience Auricaps"

polypropylène - très haute performance

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



### Série Standard

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

### Condensateurs "ERO" MKT

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

#### CONDITIONS DE VENTE

RÈGLEMENT PAR CHEQUE JOINT À LA COMMANDE

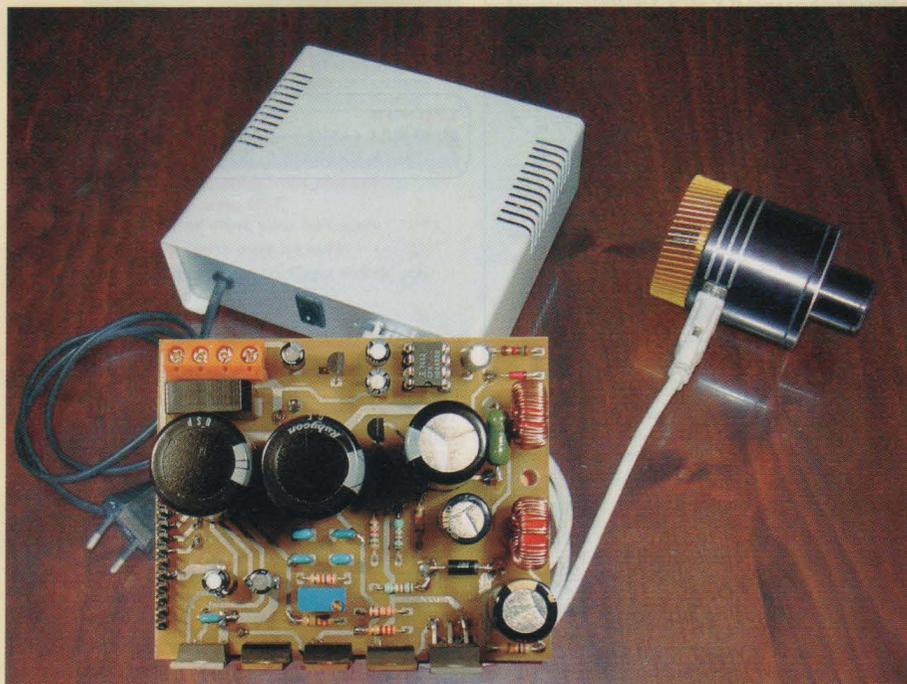
PORTUEUR : 1 À 4 : 6,10 € AU-DELÀ 9,15 €

PORT TRANSFOS : COLISSIMO RECOMMANDÉ (NOUS JOINDRE)

PORT COMPOSANTS : FORFAIT 6,10 €

PAS DE MINIMUM DE FACTURATION

# K2, UNE CAMÉRA CCD DESTINÉE À L'ASTRONOMIE L'ALIMENTATION



Cette alimentation, qui fonctionne à partir du secteur, couvre la totalité des besoins de la caméra. L'énergie est distribuée vers 3 principaux secteurs, à savoir : la tête optique, l'interface 12 bits et les modules à effet Peltier.

**L**es optimisations effectuées sur la caméra devraient simplifier la mise en œuvre d'un convertisseur 12 V/220 V externe en cas d'observations nomades. Si vous êtes un observateur du ciel profond qui désirez fuir la pollution lumineuse des villes, vous pourrez donc envisager la possibilité d'utiliser la caméra à partir d'une batterie 12 V !

## CAHIER DES CHARGES DE L'ALIMENTATION

Rappelons qu'afin d'obtenir un refroidissement efficace, deux modules thermo-électriques ont été placés en série. Ils

consomment à eux seuls presque 2 ampères à pleine puissance. Toutefois, la mise en œuvre d'une alimentation à découpage a permis d'équilibrer les demandes de courant à la source. La tête optique et l'interface restent peu gourmands en énergie, le SX28 et la mémoire en consommant la majeure partie. Faisons un bilan rapide de nos besoins en énergie :

=> l'électronique de la tête de caméra utilise les sources de tensions suivantes :  
+21 V pour la section analogique du capteur ;  
+12 V pour la section numérique (horloges de contrôle du CCD).  
=> la carte d'interface, que nous décri-

rons prochainement, nécessite 3 sources de tensions :

+5 V pour la section numérique (conversion 12 bits, SX28, mémoire,...) ;

+16 V et -5 V pour la partie analogique (amplification et multiplexage).

=> le refroidissement de la tête requiert une tension réglable de 3 V à 8 V pour l'alimentation des modules Peltier et du ventilateur.

## PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES MODULES THERMO-ÉLECTRIQUES

Un dispositif de refroidissement conventionnel comporte trois éléments fondamentaux : un évaporateur, un compresseur et un condenseur. L'évaporateur représente la section froide dans laquelle le réfrigérant sous pression peut s'évaporer. Le passage du réfrigérant de l'état liquide à l'état de gaz lui demande d'absorber de l'énergie calorifique qui est prélevée dans l'environnement local. Le compresseur fonctionne comme une pompe pour le réfrigérant, qui, comprimé, repasse de l'état de gaz à l'état liquide tout en restituant son énergie calorifique. Le rôle du condenseur consiste donc à évacuer les calories dégagées par le réfrigérant et le compresseur vers l'extérieur. Un refroidisseur thermo-électrique (**figure 1a**) présente des analogies avec le dispositif précédent. Au niveau de la jonction froide, l'énergie thermique est absorbée par des électrons qui passent d'un niveau d'énergie faible dans un semiconducteur dopé «P», à un niveau d'énergie élevé dans l'élément dopé «N». C'est l'alimentation externe qui fournit l'énergie nécessaire au déplacement des électrons. Au niveau de la jonction chaude, l'énergie thermique prélevée sur la face froide est évacuée vers le milieu ambiant par un dissipateur, lorsque les électrons reviennent à un niveau d'énergie faible lors de leur transfert de l'élément «N» vers un autre élément «P». Un module thermo-électrique est donc une pompe à chaleur sta-

Figure 1a : constitution d'un module thermo-électrique

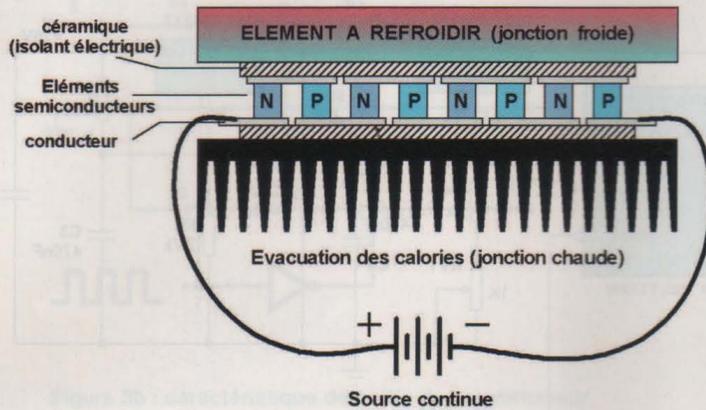


Figure 1b : présentation d'un module Peltier

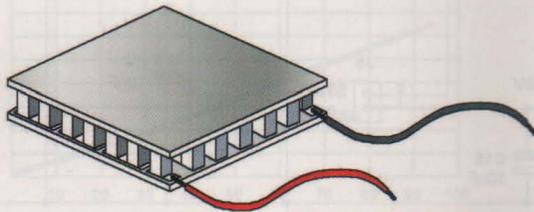


Tableau 1

Catalog Number	I <sub>max</sub> (Amps)	T <sub>H</sub> = 25°C			Dimensions (mm)				
		Q <sub>max</sub> <sup>2</sup> (Watts)	V <sub>max</sub> (Volts)	DT <sub>max</sub> (°C)	N	A	B	C	D <sup>3</sup>
CP 0.8-7-06L	2.1	1	0.85	67	7	6	6	6	3.4
CP 0.8-17-06L	2.1	2.4	2.06	67	17	9	9	9	3.4
CP 0.8-31-06L	2.1	4.4	3.75	67	31	12	12	12	3.4
CP 0.8-63-06L	2.1	9	7.62	67	63	12	25	12	3.4
CP 0.8-71-06L	2.1	10.1	8.6	67	71	18	18	18	3.4
CP 0.8-127-06L	2.1	18.1	15.4	67	127	25	25	25	3.4
CP 0.8-254-06L*	2.142	36.2	30.8/15.4	67	254	50	25	50	3.4
CP 0.8-127-05L	2.6	22.4	15.4	67	127	25	25	25	3.1
CP 0.8-254-05L*	2.6/5.2	44.8	30.8/15.4	67	254	50	25	50	3.1
CP 1.0-7-06L	2.5	1.2	0.85	67	7	8	8	8	4
CP 1.0-17-06L	2.5	2.9	2.06	67	17	12	12	12	4
CP 1.0-31-06L	2.5	5.3	3.75	67	31	15	15	15	4
CP 1.0-63-06L	2.5	10.6	7.62	67	63	15	30	15	4
CP 1.0-71-06L	2.5	12	8.6	67	71	23	23	23	4
CP 1.0-127-06L	2.5	21.4	15.4	67	127	30	30	30	4
CP 1.0-254-06L*	2.5/5.0	42.8	30.8/15.4	67	254	60	30	60	4
CP 1.0-7-06L	3	1.4	0.85	67	7	8	8	8	3.6
CP 1.0-17-06L	3	3.4	2.06	67	17	12	12	12	3.6
CP 1.0-31-06L	3	6.3	3.75	67	31	15	15	15	3.6
CP 1.0-63-06L	3	12.7	7.62	67	63	15	30	15	3.6
CP 1.0-71-06L	3	14.4	8.6	67	71	23	23	23	3.6
CP 1.0-127-06L	3	25.7	15.4	67	127	30	30	30	3.6
CP 1.0-254-06L*	3.0/6.0	51.4	30.8/15.4	67	254	60	30	60	3.6
CP 1.0-7-06L	3.9	1.8	0.85	67	7	8	8	8	3.2
CP 1.0-17-06L	3.9	4.5	2.06	67	17	12	12	12	3.2
CP 1.0-31-06L	3.9	8.2	3.75	67	31	15	15	15	3.2
CP 1.0-63-06L	3.9	16.6	7.62	67	63	15	30	15	3.2
CP 1.0-71-06L	3.9	18.7	8.6	67	71	23	23	23	3.2
CP 1.0-127-06L	3.9	33.4	15.4	67	127	30	30	30	3.2
CP 1.0-254-06L*	3.9/7.8	66.8	30.8/15.4	67	254	60	30	60	3.2
CP 1.4-11-10L	3.9	2.9	1.33	70	11	10	15	10	4.7
CP 1.4-17-10L	3.9	4.5	2.06	70	17	15	15	15	4.7
CP 1.4-31-10L	3.9	8.2	3.75	70	31	20	20	20	4.7
CP 1.4-36-10L	3.9	9.2	4.24	70	35	15	30	15	4.7
CP 1.4-71-10L	3.9	18.7	8.6	70	71	30	30	30	4.7
CP 1.4-127-10L	3.9	33.4	15.4	70	127	40	40	40	4.7

tique qui ne requiert ni gaz ni pièces en mouvement. Physiquement, les éléments d'un module à effet Peltier sont des blocs de 1mm<sup>3</sup> environ placés électriquement en série et thermiquement en parallèle (figure 1b). La dimension hors-tout ainsi que la puissance calorifique obtenue dépend du nombre d'éléments utilisés par module. Le **tableau 1** permet de se faire une idée de l'offre de Melcor pour les petites et moyennes puissances. Les références marquées d'un astérisque possèdent 4 fils de sortie, afin de permettre le choix du montage (parallèle ou série) des 2 dispositifs internes.

## COMPROMIS POUR L'ALIMENTATION DES MODULES PELTIERS

Notre but est avant tout d'obtenir un écart de température maximal entre les

faces chaudes et froides des modules utilisés. Cependant, bien que le tableau 1 indique un écart maximal de 67° entre les deux faces, cette condition ne sera obtenue que lorsque la puissance calorifique à extraire sur la face froide est nulle: considérez que ce cas idéal est sans intérêt. Dans un cas plus réaliste, on pourra compter sur un écart de température de 30° environ avec un module Peltier si la «chaîne du froid» a été correctement évaluée. D'autre part, le **tableau 1** indique également le courant maximal I<sub>max</sub> d'alimentation des modules. Si cette valeur permet d'atteindre la puissance calorifique maximale indiquée Q<sub>max</sub>, elle implique également la mise en œuvre d'un système d'évacuation des calories parfait, irréalisable en pratique. Nous avons réalisé de nombreux essais à partir de plusieurs modules à effet Peltier de la société

Melcor placés en série. Notre choix s'est finalement porté sur un module de 18 W placé en série avec un module de 2,4 W pour les raisons suivantes :

- Un seul module serait insuffisant pour obtenir des durées de poses acceptables avec un TC237 (c'est-à-dire jusqu'à 5 mn environ).
  - Les dimensions de ces modules sont parfaitement compatibles avec les dimensions du TC237 et du boîtier de la K2.
  - La mise en série de ces deux modules permet d'obtenir une différence de potentiel suffisante pour alimenter le ventilateur en parallèle avec les modules Peltier.
- Ce dernier point est même inespéré, car la vitesse du ventilateur dépend directement du courant d'alimentation des modules à effet Peltier. Il reste à l'arrêt pour le refroidissement minimal (0,5 A) et augmente ensuite en fonction de la puissance demandée. Après avoir mis en



Figure 3a : convertisseur négatif ICL7662 idéalisé

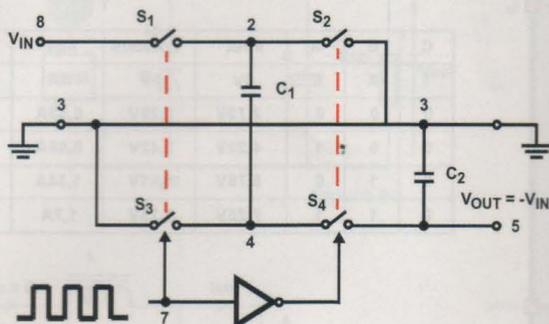
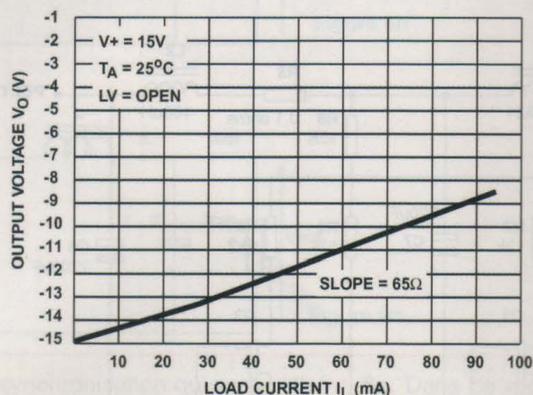


Figure 3b : caractéristique de sortie du convertisseur



fonction du capteur CCD, il a été nécessaire de prévoir un réglage de ce paramètre. La résistance R4 (série E24 à 5 %) pourrait être obtenue en soudant 2 résistances de 3K3 et 33K en parallèle.

### • ALIMENTATION DES HORLOGES DU CAPTEUR CCD

La tension de 12 V est issue d'un régulateur fixe LT1086T-12, câblé sur la sortie intermédiaire de 17 V. IC1 est un régulateur particulier : il tolère une chute de tension à ses bornes aussi faible que 1,5 V pour fonctionner correctement, alors qu'un régulateur classique nécessite jusqu'à 3 V. Cette singularité était essentielle en raison de la forte baisse de la tension d'entrée provoquée par la demande en courant des modules Peltier (cette tension peut descendre facilement autour de 14 V). Etant donnée la faible chute de tension à ses bornes (4 V en

moyenne), la dissipation en puissance de IC1 reste limitée (autour de 1,5 W, consommation de IC5 comprise).

### • ALIMENTATION DE LA SECTION NUMÉRIQUE DE L'INTERFACE

Pour équilibrer la dissipation de puissance des régulateurs, le circuit qui produit la tension de 5 V, un LM7805, a été monté en sortie de IC1 qui chauffe très peu. Ainsi, la tension d'entrée de IC5 est raisonnable pour un régulateur de 5 V. La consommation moyenne de la section numérique est de 200 mA, ce qui correspond à une puissance dissipée inférieure à 1,5 W.

### • ALIMENTATION DE LA SECTION ANALOGIQUE DE L'INTERFACE

La réalisation de la tension de 16 V est confiée à IC3, un régulateur ajustable LM317T. Les besoins en courant de la section

analogique sont approximativement de 50 mA, autant dire presque rien ! De ce fait, la puissance dissipée par cet étage est inférieure à 300 mW. On a pourtant choisi d'utiliser un modèle doté d'un boîtier TO220 pour des raisons pratiques : la semelle des régulateurs va contribuer partiellement à la fiabilité mécanique de l'ensemble.

### • PRODUCTION DE LA TENSION NÉGATIVE

La tension négative de 5 V est plus délicate à obtenir, puisqu'on ne dispose que de sources de tensions positives. Là encore, les besoins en énergie sont faibles (quelques milliampères). La solution idéale en terme de rendement consiste donc à faire appel à une pompe de charges intégrée, le circuit ICL7662. Logé dans un boîtier DIL8, il est compact et simple à utiliser (trois condensateurs externes de 10  $\mu$ F à ajouter !). Le principe de fonctionnement de IC6 est indiqué en **figure 3a**. Une horloge interne de 10 kHz assure le transfert de la charge d'un condensateur flottant (C13 sur le schéma structurel) vers le condensateur de sortie (C14). Si le courant de sortie est nul, C14 est chargé tôt ou tard sous la même tension que C13, c'est à dire 17 V. Lorsque C14 fournit du courant à une charge, la tension moyenne de sortie chute proportionnellement au courant de sortie, comme indiqué dans le diagramme de la **figure 3b**. Evidemment, cette tension est loin d'être stable, ce qui explique la présence supplémentaire du régulateur négatif IC7.

### • ALIMENTATION DES MODULES PELTIER

Cette alimentation est réalisée autour d'un régulateur à découpage intégré, le LM2596T, dont l'organisation interne est indiquée en **figure 4**. Il dispose d'une entrée de contrôle [ON/OFF] permettant d'activer le convertisseur à partir d'un signal logique externe. La broche [Feedback] permet d'assurer la régulation de la tension de sortie par comparai-

# UNE CAMÉRA CCD D'INSTRUMENTATION

Figure 4

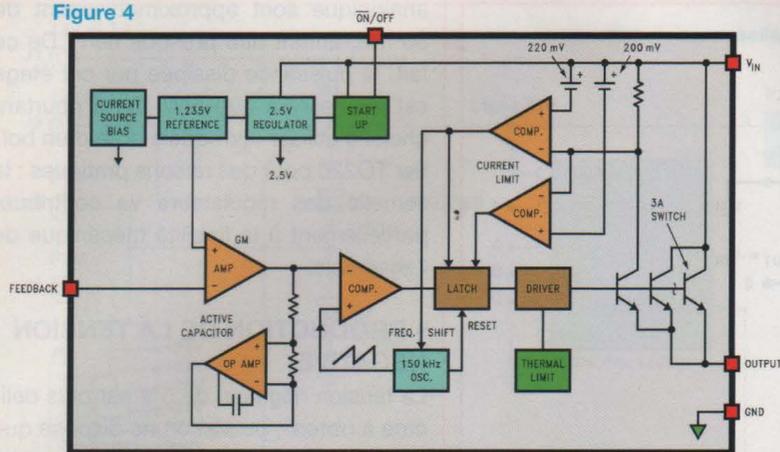
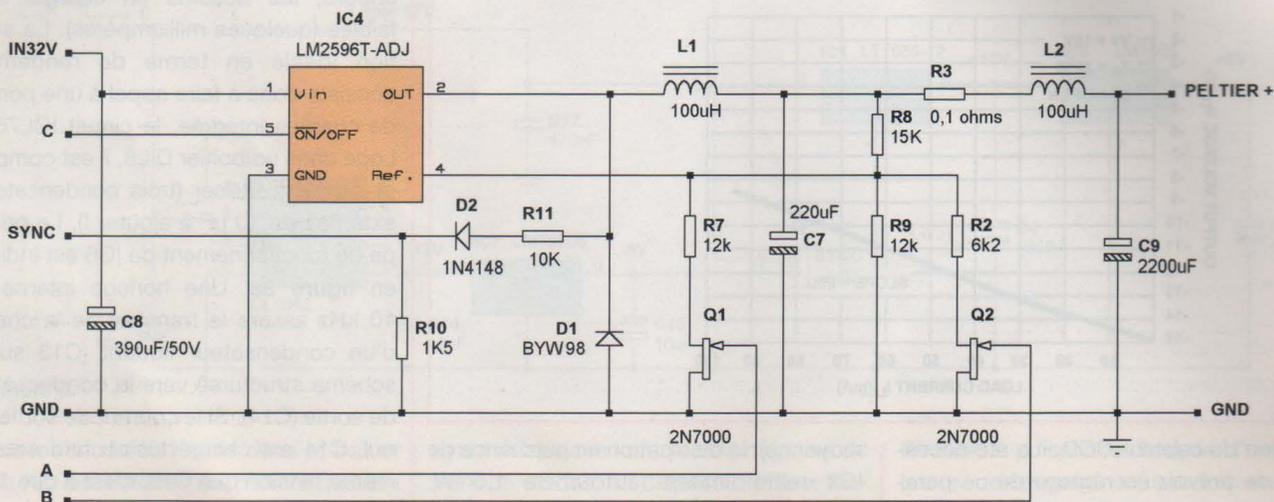


Tableau 2 : test d'alimentation des modules Peltier

C	B	A	Vout	Vpeltiers	Iout	Temp.
1	X	X	0V	0V	0A	27°
0	0	0	2,73V	2,29V	0,53A	1°
0	0	1	4,22V	3,42V	0,95A	-10°
0	1	0	5,76V	4,61V	1,34A	-17°
0	1	1	7,25V	5,75V	1,7A	-22°

Figure 5



son avec une référence interne de 1,23 V. Le circuit est doté également d'une protection thermique et d'une limitation de courant, le driver de puissance pouvant délivrer jusqu'à 3 ampères. Précisons que le LM2596T est un circuit de génération récente fonctionnant à une fréquence de découpage de 150 kHz. Le schéma structurel de la **figure 5** présente la solution adoptée pour la commande des modules Peltier.

La structure de base de cette alimentation utilise principalement IC4, D1, L1, C7 et le pont résistif [R8-R9] qui fixe la tension de sortie. En fonctionnement normal, le régulateur s'efforce de maintenir la broche 4 à 1,23 V. Du point de vue de l'utilisateur, le calcul de la tension de sortie ( $V_s$ ) se limite à une relation simple

liant R8, R9 et la tension de référence interne :

$$V_s = 1,23 \times \left[ 1 + \frac{R8}{R9} \right]$$

ce qui donne  $V_s = 2,8$  V environ.

Les entrées A et B, associées à Q1 et Q2, permettent de modifier la valeur de R9 afin de modifier la tension de sortie à partir du PC. L'entrée C assure la mise en service du régulateur. Le rôle du filtre [L2-C9] est de supprimer les résidus de commutation sur le signal de sortie. Le **tableau 2** indique les résultats que nous avons obtenus sur le prototype de la caméra. Le courant des modules à effet Peltier est réglable entre 0,5 A et 1,7 A. Remarquez que la chute de tension dans les câbles

n'est pas négligeable. C'est la raison pour laquelle l'alimentation des modules utilise deux broches en parallèle sur le connecteur SUB15D de la tête CCD. Les températures indiquées dans le **tableau 2** ont été mesurées dans des conditions idéales, sans la présence du capteur CCD. Même dans ces conditions, on remarque que l'efficacité des modules Peltier n'est pas proportionnelle au courant d'alimentation. En fait, ce résultat est prévisible car le passage du courant dans les modules produit également des calories qu'il faut évacuer. Ainsi, sous un courant de 1,7 A, la puissance dissipée par les deux modules Peltier est quasiment de 10 W !

## • ACQUISITION SYNCHRONE

La sortie «Sync» fournit au SX28 un

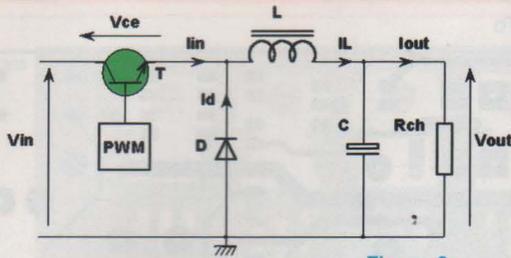


Figure 6a

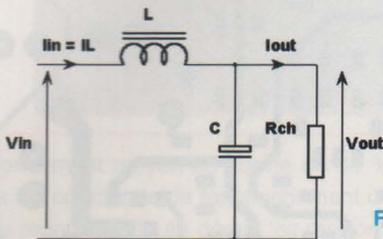


Figure 6b

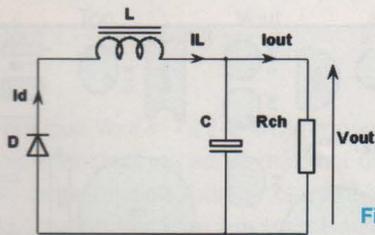
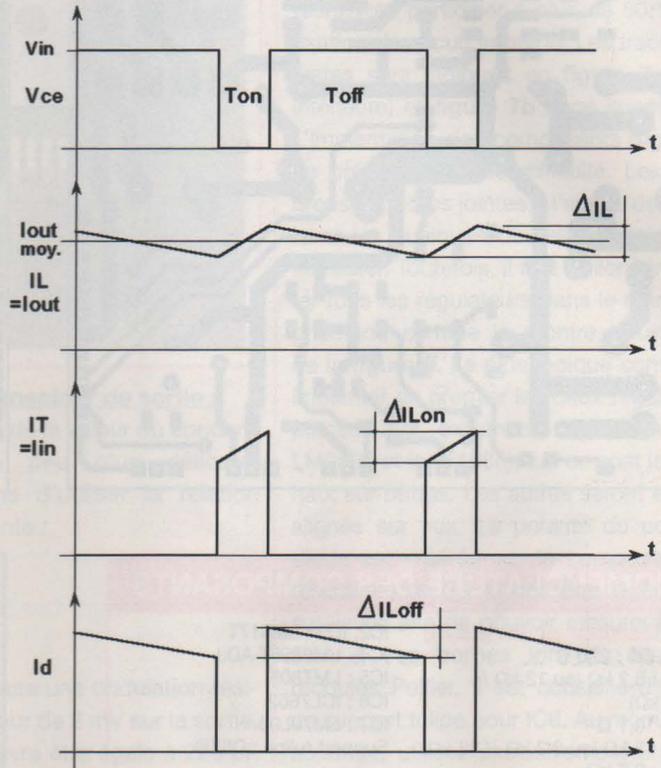


Figure 6c

Figure 6d : chronogrammes de fonctionnement du hacheur abaisseur de tension



signal de synchronisation qui sera utilisé pour le pilotage du capteur CCD. Grâce à cette acquisition synchrone des pixels, l'alimentation à découpage n'exerce pas la moindre influence sur le bruit de lecture de la caméra. Ce mode de fonctionnement présente toutefois un léger inconvénient : le temps de lecture des pixels est fixé par la fréquence d'échantillonnage du régulateur, ici de 150 kHz. Ainsi, même si le SX28 ou le TC237 peuvent faire mieux, l'intervalle d'acquisition entre deux pixels est fixé à 6,67 μs dans le mode d'acquisition «à faible bruit». En conséquence, une image complète de 650x490 pixels sera stockée dans la mémoire FIFO en 2 secondes environ.

## FONCTIONNEMENT DE LA RÉGULATION À DÉCOUPAGE

Le principe de la régulation est illustré sur le schéma fonctionnel de la **figure**

**6a**. Dans ce montage, le transistor balast est piloté en mode bloqué (Toff) ou saturé (Ton). Lorsque le transistor est saturé (**figure 6b**), la variation de courant positive ΔIL dans la self peut donc s'écrire sous la forme suivante :

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

Lorsque le transistor est bloqué (**figure 6c**), 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 est donnée par la relation suivante :

$$\Delta IL = \frac{V_{out}}{L} \times T_{off} \text{ avec } T_{off} = (T - T_{on})$$

Les variations de courant étant iden-

tiques pour ces deux phases (ce qui est vérifié sur les chronogrammes de la **figure 6d**), on peut en déduire la relation suivante :

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

On remarque que la tension de sortie ne dépendra que du rapport cyclique appliqué à Vin, indépendamment des valeurs des autres composants (dans le cas idéal, qui suppose les pertes nulles dans la diode et le transistor !). Ainsi, après simplification de la relation précédente, on peut en déduire Vout :

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

Puisque le transistor ne conduit qu'en mode saturé, on peut considérer que les pertes restent pratiquement négligeables. Le fabriquant du LM2596 indique

# UNE CAMÉRA CCD D'INSTRUMENTATION

Figure 7a

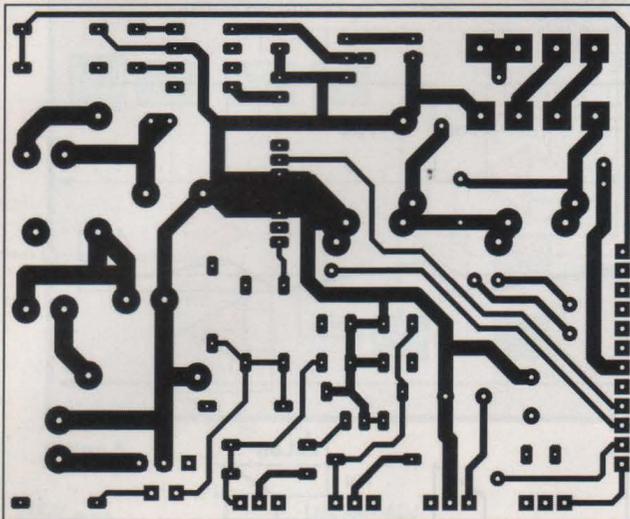
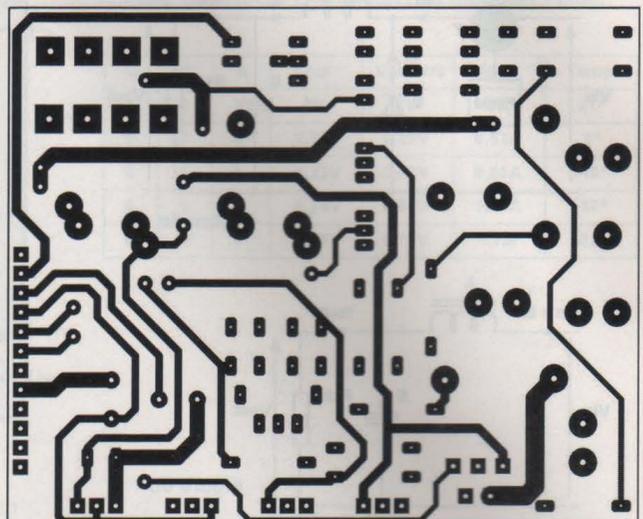


Figure 7b



## NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

### • Résistances (série E24)

R1, R5 : 220 Ω  
 R2 : 6,2 kΩ (ou 12 kΩ // 12 kΩ)  
 R3 : 0,1 Ω  
 R4 : 3 kΩ (ou 3,3 kΩ // 33 kΩ)  
 R6 : 2,7 kΩ  
 R7, R9 : 12 kΩ  
 R8 : 15 kΩ  
 R10 : 1K5  
 R11 : 10 kΩ  
 RV1 : 1 kΩ

### • Condensateurs et selfs

C1, C2 : 4 700 μF / 25 V, Rubycon, H x D = 25x20 (Farnell 490-933)  
 C3, C6, C10, C11, C12 : 470 nF (céramique)  
 C4, C5, C13, C14, C15, C16 : 10 μF / 25 V  
 C7 : 220 μF / 35 V  
 C8 : 390 μF / 50 V  
 C9 : 2 200 μF / 16 V  
 L1, L2 : 100 μH / 2 A (source Radiospares, réf : 308-8839)

### • Transistors et diodes

Q1, Q2 : 2N7000 (Farnell 932-838)  
 D1 : BYW98-200 (Farnell 366-730)  
 D2 : 1N4148  
 B1 : pont 1,7 A/60 V type SKB2/02 (Farnell 371-336)

### • Circuits intégrés

IC1 : LT1086T-12

IC2, IC3 : LM317T

IC4 : LM2596T-ADJ

IC5 : LM7805

IC6 : ICL7662

IC7 : LM79L05

Support tulipe : DIL08

### • Composants divers

Passe-fil en caoutchouc  
 Cordon secteur avec une fiche à deux broches  
 Interrupteur secteur (pour découpe maxi 19x13mm)  
 Bornier 4 pôles à visser au pas de 5,08 mm (câblage du transfo)  
 Transformateur torique 2x12 V / 30 VA (dimensions maxi : H x D = 50 x 72 mm)  
 Porte-fusible + fusible temporisé de 600mA (fusible doté du suffixe «T») (J5, J6) : barrette de 12 connexions au pas de 2,54 mm  
 1 coffret ESM EB-1706

### • Visserie

4 vis Nylon M3 x 12 mm  
 2 vis Métal M3 x 12 mm  
 5 entretoises métalliques M3 x 5 mm  
 7 rondelles frein pour visserie M3  
 2 rondelles métalliques pour visserie M3  
 2 écrous M3  
 4 kits d'isolation TO220 (SIL-PAD K10 ou équivalent)

Figure 8

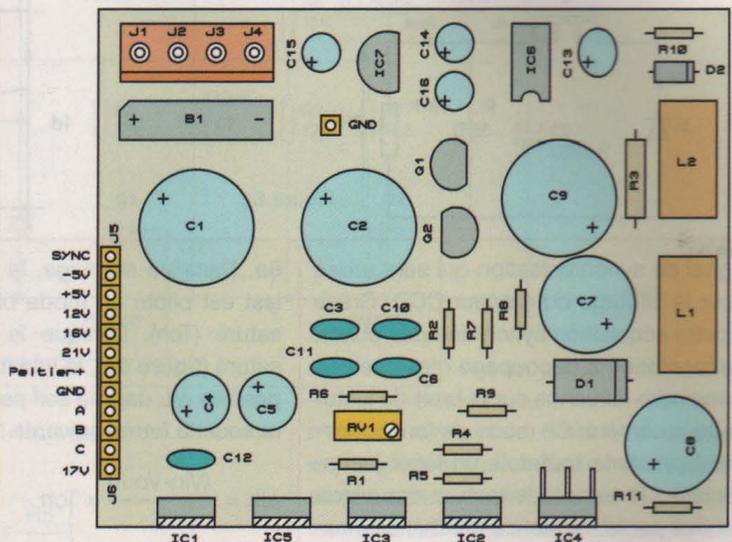


Figure 9



un rendement moyen de l'ordre de 80 % dans les conditions de fonctionnement de notre montage. On en déduit les rapports de courant d'entrée et de sortie :

$$I_{in} = I_{out} \times \frac{T_{on}}{0,8T} = I_{out} \times \frac{V_{out}}{0,8 \cdot V_{in}}$$

Sachant que  $V_{out} = 7,25$  V environ pour obtenir le courant de sortie maximal de 1,7 A, cette relation indique clairement que le courant demandé à la source sera de 0,5 A environ ! Ce résultat s'explique par la tension particulièrement élevée utilisée en amont (plus de 30 V).

#### Calcul de la valeur de la self :

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

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

Le courant dans la self correspond ici au courant de sortie. L'ondulation de  $V_{out}$  ne dépend pas uniquement de  $C$ , mais est aussi proportionnel à  $\Delta I_L$ . Fixons sa valeur maximale à 20 % de  $I_{out}$ .

Précisons que la période de hachage  $T$  est de 6,7  $\mu$ s pour le LM2596. On en déduit la valeur de  $L$  sachant que la tension maximale de sortie du régulateur est de 7,25 V sous 1,7 A :

$$L = \frac{6,67 \times 7,25 \times (23)}{30 \times 0,34} = 100 \mu H$$

( $L$  indiquée en valeur normalisée)

#### 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 :

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

Ainsi, si on souhaite une ondulation résiduelle située autour de 2 mV sur la sortie, la valeur de  $C$  devra être égale à 220  $\mu$ F (en valeur normalisée). Encore faut-il choisir un condensateur dont la résistance interne (ESR) est suffisamment faible si on ne veut pas aggraver l'ondulation de sortie. Nous avons choisi d'ajouter un filtre supplémentaire en sortie de l'alimentation à découpage afin de supprimer les résidus de commutation. En pratique, on s'est contenté de les ramener au dessous du seuil de détection du convertisseur, ce qui est l'essentiel. La résistance  $R_3$  de 0,1  $\Omega$  est destinée à permettre la mesure du courant de sortie à partir d'un multimètre.

## RÉALISATION DE L'ALIMENTATION

Le circuit imprimé de l'alimentation est disponible en «trous métallisés» auprès de la rédaction (veuillez vous reporter à notre service circuits imprimés). Ce choix permet de simplifier le soudage des composants et surtout d'améliorer la fiabilité de la caméra, notamment en ce qui

concerne le montage de la carte dans son boîtier. En effet, les broches des régulateurs vont participer à plus de 50 % à la fixation du circuit imprimé. Les tracés des pistes sont indiqués en **figure 7a** (face inférieure) et **figure 7b** (face supérieure). L'implantation des composants (**figure 8**) ne présente aucune difficulté. Les nombreuses photos jointes à l'article devraient lever les quelques doutes qui pourraient subsister. Toutefois, il faut veiller à implanter tous les régulateurs dans le même alignement, comme le montre l'illustration de la **figure 9**. Le plus logique consiste à implanter en premier les deux régulateurs placés aux extrémités du circuit (le LM2596 et le LT1086), car ce sont les plus haut sur pattes. Les autres seront ensuite alignés sur eux. La polarité du pont de diode est repérée sur le composant. La résistance de 0,1  $\Omega$  doit être légèrement surélevée afin de pouvoir mesurer la tension à ses bornes lors du test des modules Peltier. Il est conseillé d'utiliser un support tulipe pour IC6. Au moment du soudage, utilisez exclusivement un fer à souder de faible puissance et doté d'une panne fine (du genre AMPEX 18 W).

## USINAGE DU BOÎTIER

Les dimensions de l'interface et de l'alimentation ont été étudiées pour s'ajuster précisément dans un coffret de la marque ESM. Il s'agit du modèle EB-1706. Ce boîtier est quasiment incontournable, en raison de son esthétique soignée et de ses dimensions idéales pour la caméra. Bien que la phase d'usinage soit limitée, elle est un peu délicate en ce qui concerne les deux découpes rectangulaires destinées aux connecteurs. Le plan d'usinage de la **figure 10** indique qu'il y a trois surfaces à usiner : le châssis du coffret, la face avant et la face arrière. Le châssis, qui reçoit directement le transformateur torique, ne nécessite qu'un perçage de 6 mm. La face arrière assure le refroidissement des régulateurs et le maintien des circuits imprimés. Les deux perçages placés en bordure de la face

# UNE CAMÉRA CCD D'INSTRUMENTATION

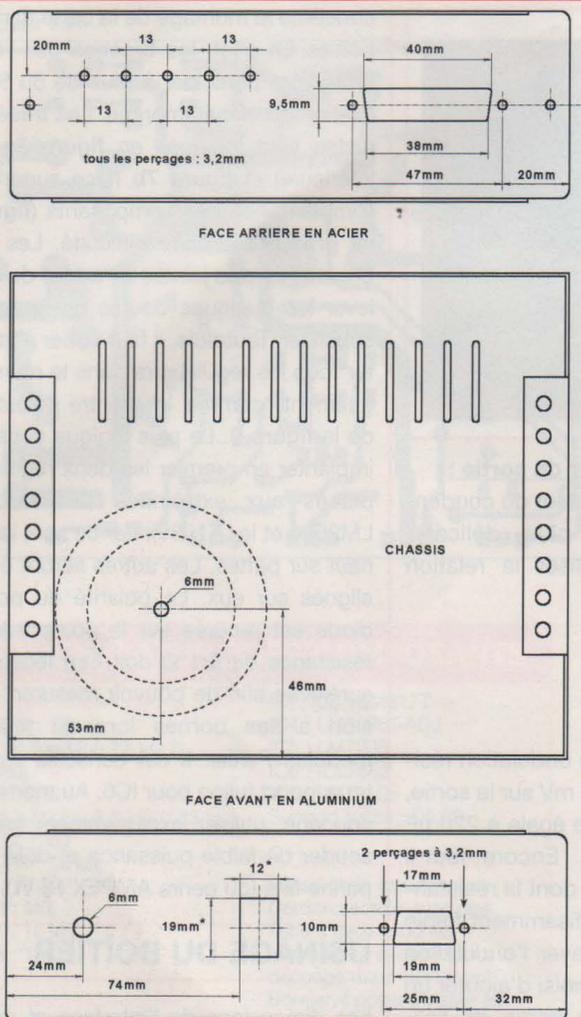


Figure 10

\* La découpe dépend du modèle disponible !

arrière sont déjà réalisés par le fabricant. Utilisez-les comme guide pour assurer le centrage du connecteur SUB25D mâle. La face avant reçoit un passe-fil en caoutchouc pour le câble secteur, un interrupteur rectangulaire et le connecteur SUB15HD femelle. Les perçages rectangulaires seront réalisés en trois temps.

- Réaliser à la perceuse une série de trous de 3 mm le long des lignes de découpe.
- Séparer la chute centrale à l'aide d'un outil coupant.
- Prévoir une petite lime plate pour les finitions.

Il est conseillé de découper en priorité la face avant en aluminium, qui est d'un matériau plus tendre. Pour obtenir une

finition irréprochable, il faut procéder par retouches successives, en présentant régulièrement les connecteurs devant leur logement.

## MISE EN COFFRET DE L'ALIMENTATION

Le plan de câblage de la **figure 11** permet d'obtenir une vision globale de l'électronique de la K2 et des éléments à prévoir dans le coffret. En ce qui concerne la partie strictement limitée à l'alimentation, le câblage est limité à l'environnement immédiat du transformateur. Le porte-fusible est un modèle destiné au câblage «volant», comme sur les autoradios. Cette

Figure 11

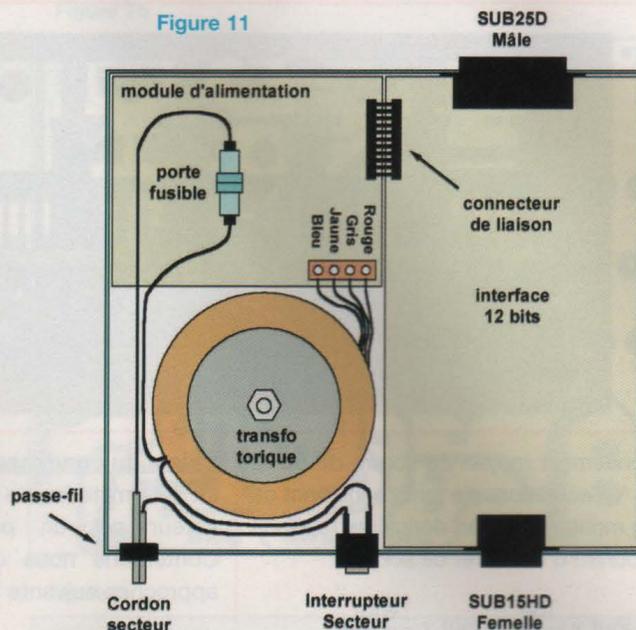
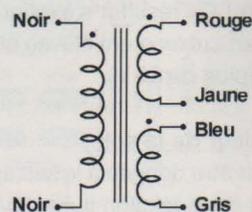


Figure 12



solution est moins confortable qu'un modèle de chassis mais est rapide à câbler et évite un perçage de gros diamètre. Les couleurs indiquées sur le bornier font référence à un transformateur torique 2x12 V / 30 VA de la marque «Velleman» ou «Unirange». Bien qu'une autre marque puisse convenir, ce choix vous évitera de chercher la bonne combinaison du branchement des 4 fils du secondaire. En effet, même si les sorties du transformateur sont alternatives, les deux enroulement doivent être câblés en phase. Le schéma de câblage de notre transformateur est indiqué en **figure 12**, avec les couleurs correspondantes. Si vous avez à votre disposition un modèle

différent, veuillez vous reporter à ce schéma pour déterminer la bonne combinaison des couleurs. Dans notre cas, les bornes «jaune» et «bleu» doivent être reliées ensemble. Cette liaison est réalisée sur le circuit imprimé, au niveau des contacts J3 et J4 du bornier. Une erreur de câblage se traduirait par un effondrement de la puissance d'alimentation lors de la mise en service des modules Peltier.

Le montage des régulateurs sur la face arrière doit être réalisé conformément à l'illustration de la **figure 13a**. Afin d'assurer l'isolation électrique des régulateurs, un film plastique thermoconducteur doit être inséré entre les régulateurs et le boîtier. On peut par exemple utiliser une plaquette de SIL-PAD K10 par régulateur. La fixation est assurée par des vis de 12 mm en nylon associées à des entretoises filetées de 5 mm de long. Ce type d'écrou permet de fiabiliser la fixation en augmentant le nombre de filets utilisés sur les vis en nylon. Le régulateur LM7805 doit au contraire utiliser une visserie totalement en métal, afin d'assurer la mise à la masse du coffret (il est donc possible de le plaquer directement contre le coffret métallique).

La fixation du circuit imprimé par les semelles métalliques des régulateurs n'est pas suffisante pour disposer d'un ensemble mécaniquement fiable. Un point d'ancrage supplémentaire est donc prévu entre les deux bobines du régulateur à découpage, comme l'indique le détail de montage de la **figure 13b**. Remarquez qu'une vis de 12 mm doit préalablement être fixée tête en bas sur le châssis. Si le plan de perçage du boîtier a été respecté, les entretoises proposées sur l'illustration devraient convenir. Sinon, la hauteur de montage du circuit imprimé pourrait encore être ajustée en modifiant le nombre de rondelles.

## TESTS DE FONCTIONNEMENT DES ALIMENTATIONS

Pour vous aider dans cette phase, vous

Figure 13a : montage des régulateurs sur le châssis

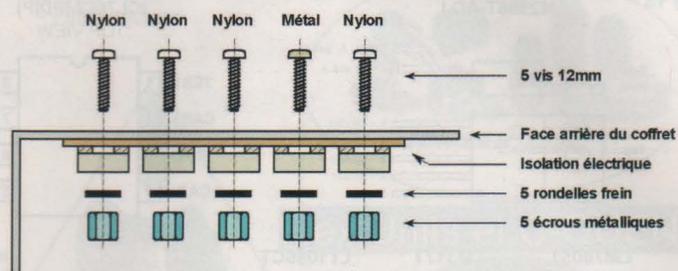
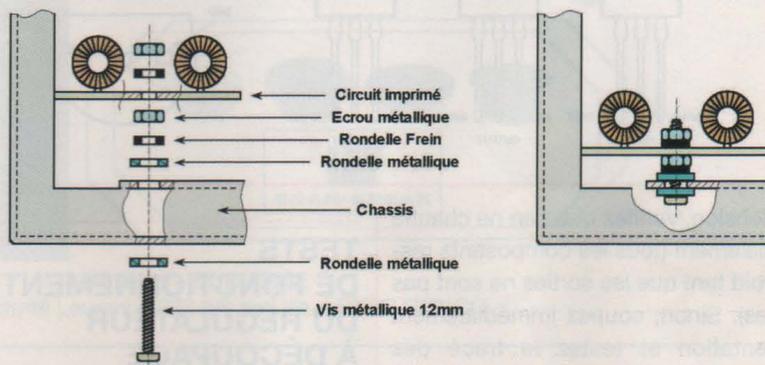


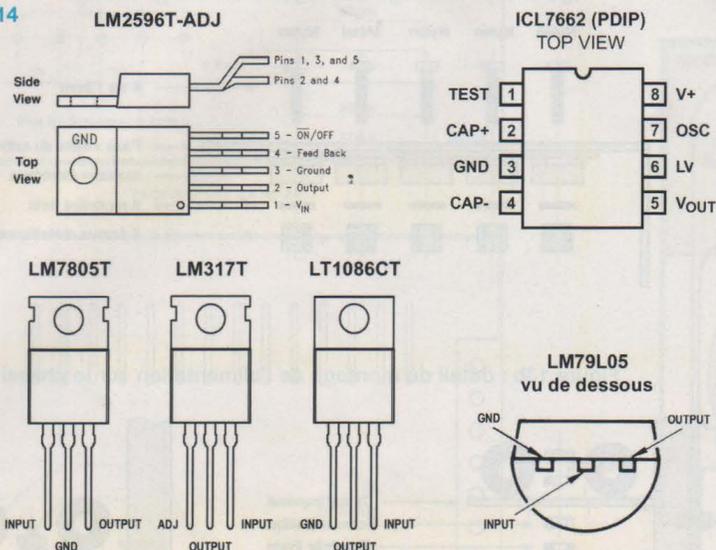
Figure 13b : détail du montage de l'alimentation sur le châssis



trouvez le brochage des régulateurs sur la **figure 14**. Il faut impérativement alimenter la carte à partir du transformateur torique prévu à l'origine, afin de se

placer dans les conditions normales de fonctionnement. Lors de la première mise sous tension, évitez de mettre IC6 dans son support. Dès que la carte est

Figure 14



sous tension, vérifiez que rien ne chauffe anormalement (tous les composants restent froids tant que les sorties ne sont pas câblées). Sinon, coupez immédiatement l'alimentation et testez le tracé des pistes, les soudures, la valeur et le sens d'implantation des composants sur la fonction en défaut. Ensuite, on peut vérifier au multimètre la présence des tensions à vide de 5 V, 12 V et 16 V. Utilisez de préférence le point de masse qui a été prévu sur le circuit imprimé à côté du pont de diodes.

La tension de 16 V n'est pas critique, mais si vous désirez obtenir exactement 16 V, il suffit de compenser la dérive de tension en soudant des résistances de très forte valeur en parallèle sur R1 ou R6 (10 kΩ à 100 kΩ pour R1 et 100 kΩ à 1 MΩ pour R6). Vérifiez ensuite la plage de réglage de la tension de 21 V, qui devrait au moins varier entre 20 V et 22 V. Ajustez enfin cette tension à la valeur standard de 21 V. A ce stade, c'est bon signe, vous pouvez couper l'alimentation et implanter IC6. La broche 5 de IC6 doit délivrer une tension moyenne autour de -17 V à vide et de -12 V au minimum en pleine charge. Vérifiez alors la présence de la tension négative de 5 V sur le connecteur externe.

## TESTS DE FONCTIONNEMENT DU RÉGULATEUR À DÉCOUPAGE

Lorsque l'entrée de contrôle [C] du régulateur LM2596T n'est pas connectée, ce dernier est en fonction. Sa sortie doit alors délivrer une tension comprise entre 3 V et 8 V suivant l'état des entrées [A] et [B], conformément au **tableau 2**. Pour vérifier les différents paliers de tension, il suffit de relier alternativement ces entrées de contrôle à 5 V ou à la masse. Pour ajuster définitivement le courant délivré aux modules Peltier, il faudra les alimenter par l'intermédiaire du câble SUB15HD et de la carte d'interface, qui sera décrite ultérieurement. Dans ces conditions, la procédure est très simple : il faut alimenter les modules Peltier avec le niveau de tension maximal et mesurer la tension aux bornes de R3. La tension relevée au multimètre doit alors être multipliée par 10 afin d'obtenir le courant de fonctionnement réel des modules. Si vous mesurez 0,17 V, c'est parfait et il n'y a rien à retoucher. Sinon, il suffit de retoucher légèrement la valeur de R8. Nous n'avons pas utilisé une résistance

ajustable pour R8 pour la raison très simple : les potentiomètres à piste carbone ne sont pas fiables et les modèles de qualité présentent un effet inductif qui pourrait nuire au fonctionnement de l'alimentation. N'oubliez pas qu'il s'agit d'un régulateur à découpage qui fonctionne à 150 kHz !. Pour ces mêmes raisons, les pistes du circuit imprimé doivent être routées au plus court, ce qui n'est pas très compatible avec la présence d'un potentiomètre. Signalons qu'une valeur légèrement inférieure à 1,7 A ne devrait pas nuire au fonctionnement de la caméra, sous réserve de ne pas dépasser la valeur maximale de 1,7 A !.

## ENCORE QUELQUES PRÉCISIONS...

Notre prochain rendez-vous sera consacré à la description de la carte d'interface. Rappelons qu'elle est dotée d'un microcontrôleur SX28, d'une mémoire FIFO de 512 Ko et d'un convertisseur rapide 12 bits. Il ne vous restera plus qu'à télécharger le logiciel qui lui donnera vie sur le site Web de l'auteur ! Signalons néanmoins quelques restrictions d'emplois de la caméra K2 : elle exige un ordinateur pas trop vétuste, c'est à dire doté d'un port parallèle bidirectionnel et du système d'exploitation Windows95 ou supérieur (de préférence Windows98 ou Millénium). Nous avons testé Windows2000 avec succès sous certaines conditions, mais nous aurons l'occasion d'y revenir lors de notre dernier rendez-vous...

pour joindre l'auteur :  
bernard.dalstein@wanadoo.fr

**Bernard Dalstein**

### ERRATUM : Carte tête CCD

Il manque deux références dans la nomenclature, veuillez nous en excuser.  
=> R6 (22 kΩ)  
=> C14 (22 nF)



Tel 03.20.01.95.80 - Fax 03.20.01.95.89  
e-mail : euphonie-mip@wanadoo.fr

**DISTRIBUTEUR  
EXCLUSIF**

- Création personnelle de vos filtres
- Gamme câbles audio et secteur
- Accessoires
- Logiciels de création d'enceintes
- Composants et H-P haut de gamme
- Condensateurs et selfs à air pour amplificateur à tube et pour enceinte (papier huilé)
- Filtre secteur



JENSEN Capacitors



**Flex Units et C-QUENZE**



MIPsarl - EUPHONIE

Parc d'activité Leurent - 222 rue de Lille - 59223 RONCQ

## SERVICE CIRCUITS IMPRIMÉS

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

	Qté	Circuits percés et étamés Prix en euro	Total
* Amplificateur Mu-Follower			
- Polarisation du Mos		1,60 €	
- Stabilisation en température		1,90 €	
- Alimentation stabilisée HT		4,15 €	
- Alimentation filament		2,35 €	
* Caméra CCD			
- La tête CCD (CI à trous métallisés)		15,25 €	
- Alimentation (CI à trous métallisés)		15,25 €	
* Préamplificateur RIAA			
- Pour cellule à aimant mobile		3,55 €	
* Préamplificateur 6 entrées			
- Carte préamplificatrice		12,00 €	
- Carte alimentation		9,50 €	
- Carte volume		3,80 €	
- Carte entrée à relais		11,50 €	
- Carte commutation des relais		3,85 €	
- Carte pré-pré (double face)		17,25 €	
- Carte circuit R-L-C (l'unité)		3,20 €	
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

# POUR VOS "DISQUES NOIRS": UN CORRECTEUR RIAA ÉCONOMIQUE POUR CELLULES À AIMANT MOBILE

Le disque compact à lecture par LASER a définitivement détrôné le microsillon sur support vinyle, grande vedette des années soixante. Pourtant, nombreux sont les mélomanes qui conservent précieusement de tels disques en parfait état et souhaitent les écouter dans les meilleures conditions sans pour autant devoir investir dans des sommes astronomiques.

**O**r, compte tenu de l'évolution des techniques, les correcteurs RIAA deviennent souvent les parents pauvres des chaînes Hi-Fi, quand ils n'en sont pas totalement absents. La réalisation ci-dessous, qui peut s'intégrer aisément dans un ensemble existant ou être complétée par une petite alimentation et constituer un module autonome, vise à pallier ces déficiences. Le correcteur exploite un circuit intégré à très faible bruit, spécifiquement conçu par National Semiconductor pour le traitement des signaux audio à bas niveau. Il rivalise avec les meilleures réalisations à composants discrets.

## ENREGISTREMENT ET LECTURE DES MICROSILLONS

Pour minimiser le bruit de fond, dont l'énergie se localise principalement vers les fréquences hautes du spectre audible, on accentue volontairement ces dernières lors de la gravure, alors qu'on atténue, au contraire, les fréquences basses. A la lecture, il faut, évidemment, réaliser l'opération inverse. Ainsi, aux fréquences élevées, le signal utile retrouve son niveau normal, alors que les tensions de bruit se trouvent atténuées. Les cellules magnétiques des platines de

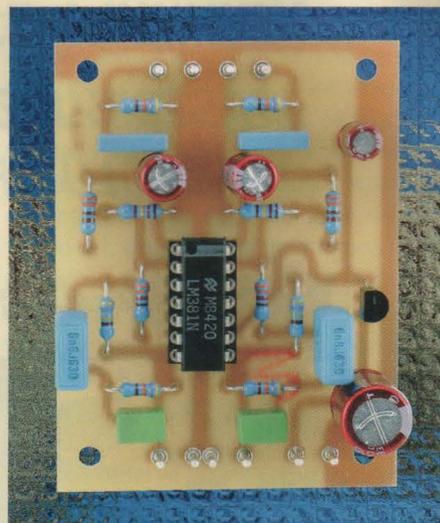
lecture, sensibles à la vitesse de déplacement de l'équipage mobile, doivent être suivies d'un correcteur qui accomplit cette opération, grâce à sa courbe de réponse. La **figure 1** montre, en trait plein, le gabarit de cette correction, selon les normes RIAA universellement adoptées. On y trouve trois fréquences de cassure :  $f_1 = 50$  Hz,  $f_2 = 500$  Hz et  $f_3 = 2,2$  kHz. La mise en forme de la courbe de réponse s'obtient en introduisant, de la sortie vers l'entrée de l'étage préamplificateur concerné, une contre-réaction sélective à l'aide d'un réseau formé des impédances Z1 et Z2, conformément au synoptique de la **figure 2**. Le gain G, uniquement déterminé par Z1 et Z2, prend l'expression :

$$G = \frac{Z_1 + Z_2}{Z_1} \text{ et varie avec la fréquence.}$$

Pour rompre avec une tradition trop souvent adoptée, nous détaillerons le calcul des éléments du réseau Z1 et Z2, afin de permettre au lecteur d'en comprendre les prétendus «mystères». Mais, pour commencer, faisons connaissance avec le circuit LM 381.

## L'AMPLIFICATEUR LM 381

Destiné à traiter les signaux des têtes de magnétophones et des cellules magnétiques, donc à amplifier des signaux faibles, cet amplificateur double (donc



adapté aux applications stéréophoniques) se distingue assez sensiblement des amplificateurs opérationnels habituels, comme en témoigne le schéma équivalent simplifié de la **figure 3**, où nous n'avons dessiné qu'un canal.

L'ensemble s'alimente sous une tension unique Vcc comprise entre 9 et 40 volts. Dès l'entrée, les diodes zener DZ1 et DZ2 stabilisent la tension de fonctionnement du premier étage différentiel et expliquent le très fort taux de réjection de l'alimentation (120 dB à 1 kHz), ainsi que la bonne séparation des canaux (60 dB à 1 kHz). Contrairement à l'habitude, le courant commun aux transistors T1 et T2 n'est pas élaboré dans un troisième transistor travaillant en source de courant, mais dans une simple résistance de 10 kΩ. On évite ainsi, le bruit propre aux semiconducteurs. Deux diodes, au silicium bien sûr, imposent la polarisation de l'entrée non inverseuse, ainsi portée à 1,2 volt par rapport à la masse.

En dépit d'une compensation interne par C1, l'amplificateur ne se montre pas inconditionnellement stable. On peut rétablir cette stabilité par l'adjonction, en parallèle, d'un condensateur externe (broches 5 et 6 ou 10 et 11). Mais une solution meilleure, car n'altérant ni la bande passante ni le slew-rate (important pour la réponse aux signaux impulsionnels) réside, comme nous le verrons,

# POUR CELLULES À AIMANT MOBILE

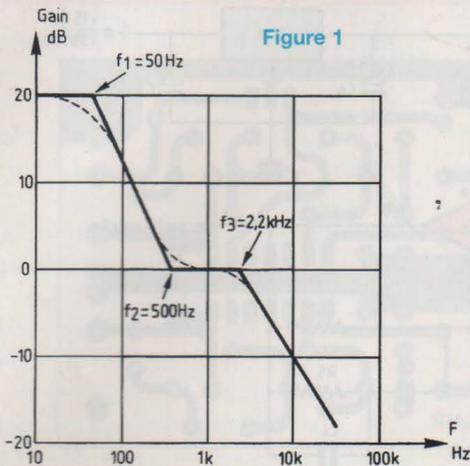


Figure 1

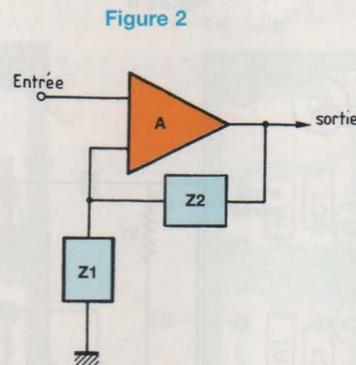


Figure 2

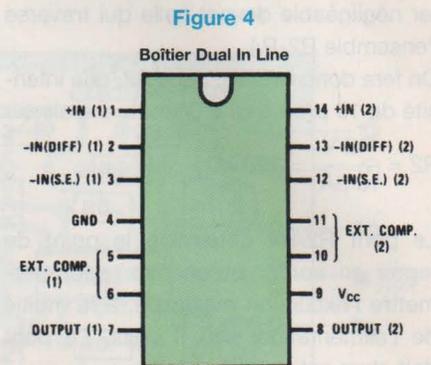
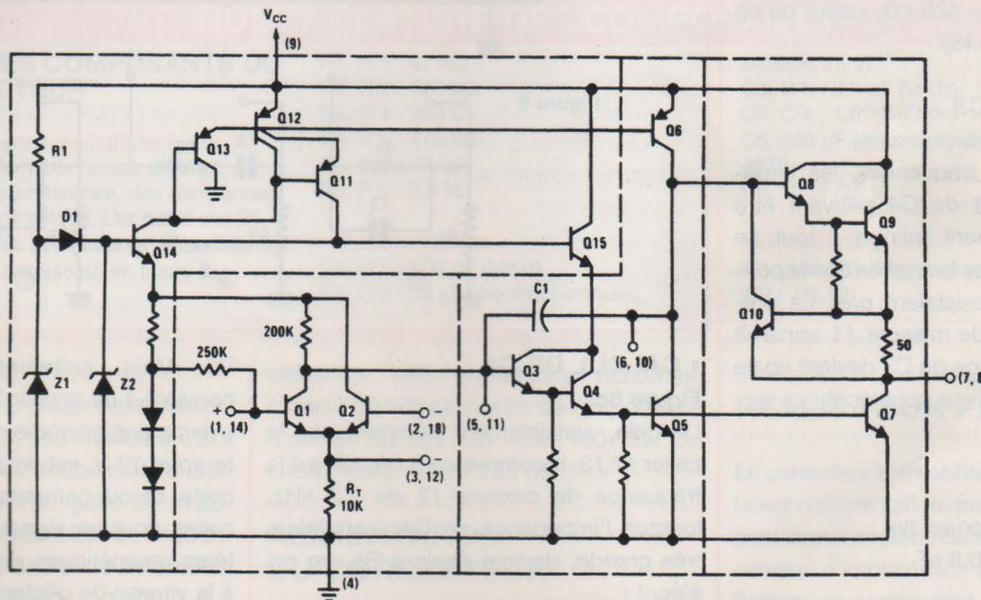


Figure 4

Figure 3



dans l'insertion d'une résistance dans le réseau de contre-réaction.

La **figure 4** donne le brochage du LM 381, dont nous résumons, ci-dessous, les caractéristiques essentielles :

- \* tension d'alimentation unique, de 9 à 40 V
- \* consommation propre (sur charge infinie) de 10 mA
- \* courant de polarisation de l'entrée inverseuse : 0,5 mA
- \* distorsion harmonique à 1 kHz : 0,1 %
- \* réjection de l'alimentation : 120 dB à 1 kHz
- \* séparation des canaux : 60 dB à 1 kHz

\* tension de bruit ramenée à l'entrée : 0,55  $\mu$ V efficace, entre 10 Hz et 10 kHz (ce qui est excellent...).

## CALCUL DES ELEMENTS DU CORRECTEUR

La figure 5, qui ne représente que le canal gauche du correcteur (demi-amplificateur C11a), mais la totalité de l'alimentation (C12), détaille la structure du réseau de contre-réaction Z1 et Z2 et le complète par les composants d'entrée. Nous allons voir que les valeurs des composants se déterminent de proche en proche, à partir

des caractéristiques du circuit LM 381 et des impératifs du gabarit RIAA et grâce à des approximations successives.

### • CALCUL DE R2 ET DE R4

Nous négligeons pour l'instant R6, approximation largement justifiée, comme nous le verrons plus tard et nous alimentons l'ensemble sous les 12 volts que délivre le régulateur IC2.

Puisque, par construction (voir plus haut), l'entrée non inverseuse est portée à 1,2 volt, on retrouve le même potentiel de repos sur l'entrée inverseuse. Or, celle-ci, d'après les caractéristiques,

# CORRECTEUR RIAA

consomme 0,5  $\mu$ A, intensité qui doit rester négligeable devant celle qui traverse l'ensemble R2-R4.

On fera donc circuler, dans R2, une intensité de 10  $\mu$ A. La loi d'Ohm donne alors :

$$R2 = \frac{1,2 \text{ V}}{10 \mu\text{A}} = 120 \text{ k}\Omega$$

Le pont R2/R4 détermine le point de repos en sortie, qu'on fixe, pour permettre l'excursion maximale, à la moitié de l'alimentation, soit 6 volts. Le pont doit alors satisfaire la relation :

$$6 \text{ V} = \frac{R2 + R4}{R2} \times 1,2 \text{ V}$$

ce qui donne R4 = 480 k $\Omega$ , valeur qu'on normalisera à 470 k $\Omega$ .

## • CALCUL DE C3

Figure 6a

Aux très basses fréquences, les impédances de C3 et de C4 peuvent être jugées pratiquement infinies : tout se passe comme si les branches correspondantes de Z2 n'existaient pas. La première fréquence de cassure f1 apparaît lorsque l'impédance de C3 devient égale à la résistance R4, ce qui s'écrit :

$$\frac{1}{2\pi \cdot f1 \cdot C3} = R4$$

Numériquement, on en tire :

$$C3 = 6,8 \cdot 10^{-9} \text{ F} = 6,8 \text{ nF}$$

## • CALCUL DE R5

Figure 6b

Au-delà de f1, le gain décroît linéairement avec la fréquence et très vite, on peut considérer R4 comme infinie vis-à-vis de l'impédance de la branche C3. Mais le gain cesse de décroître (fréquence de cassure f2 et au-delà) quand se manifeste l'influence de R5. On situera f2 au moment où R5 prend la même impédance que C3, soit :

$$\frac{1}{2\pi \cdot f2 \cdot C3} = R5$$

Numériquement, les calculs donnent :

$$R5 = 47 \cdot 10^3 \Omega = 47 \text{ k}\Omega$$

Figure 5

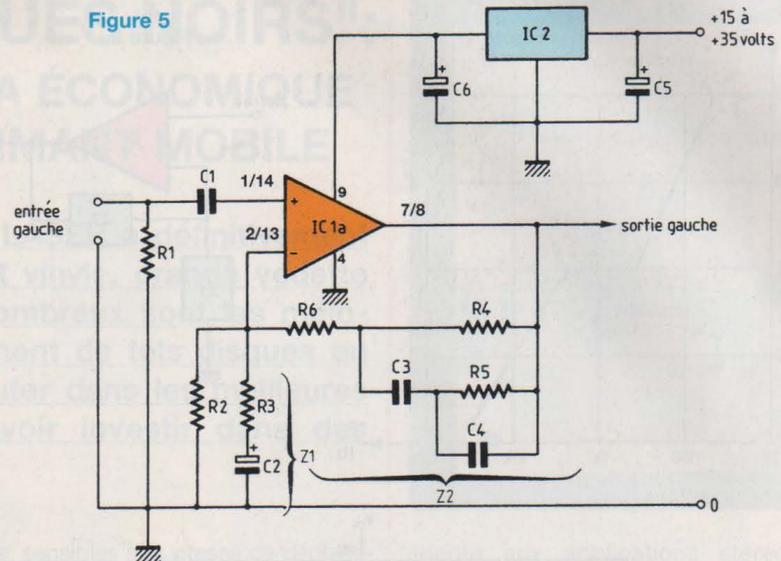
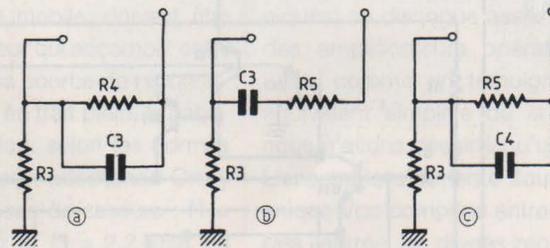


Figure 6



## • CALCUL DE C4

Figure 6c

Le gain, sensiblement constant sur le palier f2 f3, recommence à décroître à la fréquence de cassure f3 de 2,2 kHz, lorsque l'impédance de C4, jusqu'alors très grande, devient égale à R5, ce qui s'écrit :

$$\frac{1}{2\pi \cdot f3 \cdot C4} = R5$$

Le calcul numérique conduit à :

$$C4 = 1,5 \cdot 10^{-9} \text{ F} = 1,5 \text{ nF}$$

## • CALCUL DE R3

On l'effectuera à 1 kHz, moyenne géométrique des fréquences f2 et f3.

Le gain de référence du correcteur (0 dB) est alors sensiblement :

$$G = \frac{R3 + R5}{R3}$$

Comme nous connaissons R5, il suffit de s'imposer la valeur de G pour en déduire

R3. Mais, justement, quel gain G convient-il de choisir ?

L'excursion en sortie du LM 381, alimenté sous 12 V, est limitée à 10 V crête à crête, ce qui correspond à 3,5 volts efficaces pour un signal sinusoïdal. Or, les têtes magnétiques de lecture, sensibles à la vitesse de déplacement de la pointe et de l'équipage mobile, délivrent, en moyenne, une tension efficace voisine de 5 mV pour une vitesse de 5 cm/s. Les normes imposent d'ailleurs, à l'enregistrement, une vitesse maximale de 25 cm/s dans la plage de 800 Hz à 2 500 Hz. Ainsi, la tension sur l'entrée du correcteur ne dépasse jamais 25 mV efficaces, ce qui, pour obtenir 3,5 V en sortie, exige un gain :

$$G = \frac{3\,500}{R3} = 140$$

On doit donc, pour R3, choisir une résistance de 310  $\Omega$ , que nous normaliserons à 330  $\Omega$ .

# POUR CELLULES À AIMANT MOBILE

Figure 7

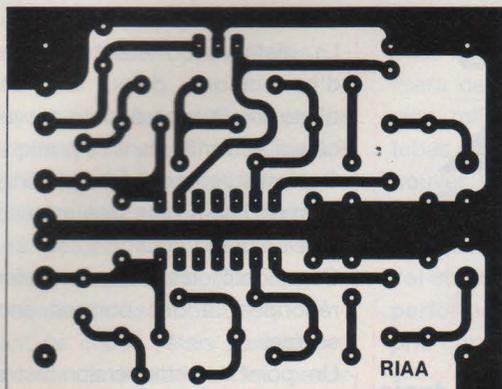
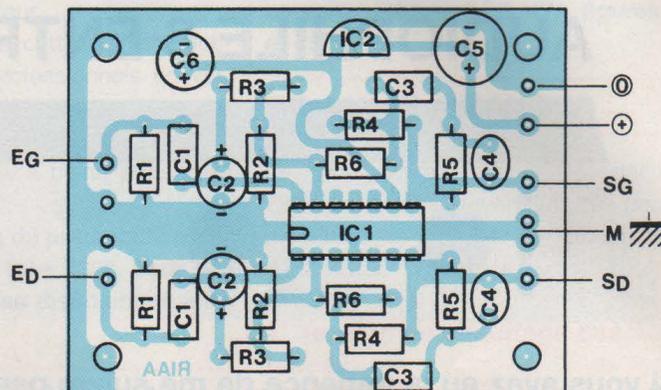


Figure 8



## NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

### LISTE DES COMPOSANTS DU CORRECTEUR

• **Résistances de 0,25 W à ± 5 %**  
Pour un très faible niveau de bruit, on choisira, de préférence, des résistances à couche métallique. Les notations R' désignent les composants du deuxième canal, non représenté en figure 5.

R1, R'1 : 47 kΩ  
R2, R'2 : 120 kΩ  
R3, R'3 : 330 Ω  
R4, R'4 : 470 kΩ  
R5, R'5 : 47 kΩ  
R6, R'6 : 3,3 kΩ

• **Condensateurs**  
C1, C'1 : 100 nF (MKH)  
C2, C'2 : 22 μF (électrochimiques,

radiaux, 25 V)  
C3, C'3 : 6,8 nF (MKH)  
C4, C'4 : 1,5 nF (MKH)  
C5, 100 μF (électrochimique, radial, 40 V)  
C6, 10 μF/25 V

• **Semiconducteurs**  
IC1 : LM 381 (Electronique Diffusion)  
IC2 : 78L12

### • CALCUL DE C2

Nous avons, jusqu'à présent assimilé C2 à un court-circuit. Or, son impédance  $Z_{C2}$  croît aux très basses fréquences, entraînant une diminution du gain. En imposant une cassure basse à 20 Hz, on prendra  $Z_{C2} = R3 = 330 \Omega$  à cette fréquence, ce qui donne :

$$C2 = \frac{1}{6,28.20.330} = 24.10^{-6} \text{ F}$$

soit, en normalisant :  $C2 = 22 \mu\text{F}$

### • CALCUL DE R6

Le calcul est simple, la résistance R6 doit avoir 10 fois la valeur de R3, soit  $R6 = 3,3 \text{ k}\Omega$ .

### • LES ÉLÉMENTS D'ENTRÉE

La résistance R1 constitue la charge de la bobine de la tête de lecture et, pour une bonne adaptation (transfert maximal de puissance), doit offrir la même impédance, soit 47 kΩ. Quant à C1, il doit

présenter une impédance maximale (donc à 20 Hz) de l'ordre de l'impédance d'entrée du LM 381, soit 100 kΩ. On choisit donc :  $C1 = 100 \text{ nF}$ .

## ALIMENTATION DU CORRECTEUR

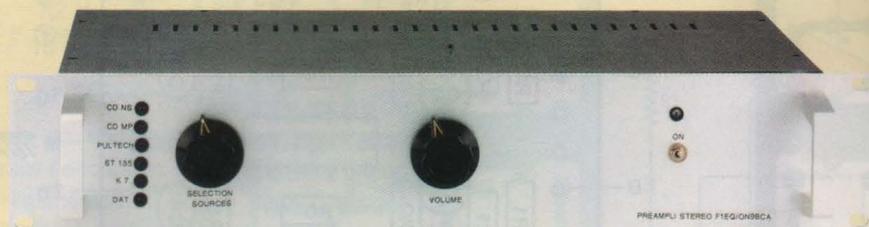
Nous alimentons le LM 381 sous 12 V, valeur très suffisante pour une large excursion de sortie. Bien que ce circuit présente un très grand taux de réjection, il reste préférable de lui fournir une tension stabilisée, afin de profiter au maximum de ses performances. Comme le montre la figure 5, on utilise un régulateur "trois pattes" miniature IC2, de type 78 L 12. Il faut alors au moins 15 V en entrée. La consommation de ce préamplificateur est faible, nous vous conseillons pour vous garantir une excellente immunité au bruit de l'alimenter par piles, soit 4 piles de 4,5 V reliées en série, ce qui donne une batterie de 18 V.

## REALISATION PRATIQUE

Le correcteur stéréophonique et son régulateur d'alimentation, prennent place sur le petit circuit imprimé de la figure 7, selon le schéma d'implantation de la figure 8. Entrées et sorties font appel à du câble blindé souple, de faible section et dont la tresse externe sert de masse. Mais connecter toutes ces masses en des points différents de l'amplificateur serait une erreur ; les boucles ainsi créées deviennent d'admirables collecteurs de rayonnement à 50 Hz ! Généralement, les meilleurs résultats s'obtiennent en mettant à la masse les tresses sur les bornes d'entrée, et en établissant une liaison entre celles-ci et l'unique point de masse du montage (disposition en étoile, qui élimine les boucles fermées).

Jacques Pelle

## PREAMPLIFICATEUR AUDIOPHILE 6 ENTREES



Si vous avez eu la patience de me suivre pendant ces trois derniers numéros, vous êtes en possession d'un préamplificateur six entrées, dont une est réservée au raccordement d'une platine vinyle.

Dans cette série d'articles, j'ai voulu vous faire découvrir les performances qu'il est facilement possible d'obtenir avec des tubes électroniques dans la reproduction sonore dite de Haute Fidélité.

La Haute Fidélité, ne consiste pas, comme les publicités veulent vous le faire croire, à utiliser des appareils dont les performances aux mesures sont « parfaites », c'est à dire dont les taux de distorsions sont les plus faibles possibles, soit proche de zéro.

La Haute Fidélité doit, par contre, consister à reproduire l'écoute du « son » tel qu'on le perçoit au concert, ce qui suppose, outre une distorsion faible, une parfaite mise en phase permanente à toutes les fréquences des voies, et à tous les échelons de la chaîne de reproduction sonore, lecteur, préamplificateur, amplificateur et enceintes.

Il y a beaucoup à dire sur la faible distorsion. En effet, beaucoup d'appareils aux taux de distorsion très bas, sont incapable de reproduire l'émotion liée à la musique telle qu'on la perçoit au concert en direct. Ce qui veut bien dire que **le taux de distorsion à lui seul ne suffit pas à caractériser les performances réelles d'un matériel de Haute Fidélité.** Il faudrait aussi savoir à quel

type de distorsion on a affaire, c'est à dire connaître le spectre de distorsion associé pour savoir quels sont les rangs d'harmoniques créant cette distorsion et quel est le dégradé d'harmonique correspondant. Ainsi par exemple, un appareil qui aurait 1 % de distorsion uniquement constitué d'harmoniques deux, sera probablement meilleur à l'écoute que le même appareil avec seulement 0,1 % de distorsion constitué d'harmonique trois. Un appareil, dont le taux de distorsion varie très sensiblement avec la fréquence à toutes les chances d'avoir un rendu musical médiocre.

Le préamplificateur décrit dans sa première version (LED 175) répond pour l'essentiel aux propos ci-dessus.

Dans la limite de l'utilisation normale, on demande à un préamplificateur de pouvoir transmettre les fréquences comprises entre 50 Hz et 20 kHz, pour des tensions de sortie comprises entre quelques millivolts et 2 V.

Les résultats de mesures du préamplificateur décrit (LED 176 page 35) montrent que le taux de distorsion est stable quel-

le-que soit la fréquence, et qu'il varie peut pour les tensions de sorties jusqu'à deux volts.

La distorsion n'étant composée que d'harmonique deux, la présomption d'une très bonne écoute est excellente, ce qui se vérifie dans la pratique.

Ces mesures sont très supérieures aux normes habituelles des matériels Haute Fidélité grand public.

Cependant, les usages professionnels répondent à des normes encore plus sévères.

Un point de cette version, est largement perfectible, c'est « le temps de montée ». On constate sur la courbe du signal carré à 10 kHz, que le signal présente un arrondi très marqué et symétrique sur la montée et la descente du signal.

Cet arrondi est significatif d'un temps de montée assez lent, il est ici mesuré à 12,20  $\mu$ s. Il a pour inconvénient de limiter la bande passante transmise sans déformation trop importante ; 20 kHz semble être un maximum.

Cet inconvénient n'altère en rien le taux de distorsion, comme le montrent les mesures.

Le temps de montée est lié à l'usage de tubes 12AT7/ECC81 et au circuit particulier proposé. On pourrait améliorer sensiblement le temps de montée en diminuant la valeur des condensateurs C21 et C22, mais au détriment du taux de distorsion.

Je rappelle ici pour les lecteurs qui n'auraient pas le N°175, que le circuit proposé comprend quatre triodes (montées dans deux tubes) selon un montage particulier que je propose d'appeler le « circuit KTR ». Dans un prochain article, je développerai le pourquoi de cette appellation.

Ce montage permet de cumuler les avantages suivants :

- Haute linéarité en fréquence
- Impédance de sortie très faible (quelques dizaines d'ohms)
- Indépendance totale du circuit amplificateur et de la charge
- Bande passante très étendue
- Tension de sortie élevée en sortie sans distorsion

# DE L'ECC81 À LA 7308

- Pas de rotation de phase, même à très faible fréquence
- Bien entendu, ces performances sont différentes selon les triodes utilisées.

Mon choix initial s'est porté sur le tube ECC81, parce qu'il s'agit d'un tube très courant, d'approvisionnement facile, et encore fabriqué actuellement (bien que les tubes actuels soient sensiblement différents de leurs aînés portant la même référence, standardisation oblige).

En faisant ce choix, j'étais parfaitement conscient de la limitation des performances du circuit. Il faut savoir, que les tubes ECC81, ECC82, ECC83 font partie des premiers tubes qui ont été construits dans la série des tubes NOVAL (sans culots rapportés) à 9 broches. Cette série de tubes a fait l'objet d'améliorations successives, la plus marquante étant l'introduction de «la grille cadre». La grille étant pré-montée sur un cadre indéformable, il a été possible de rapprocher la grille de la cathode, ce qui a pour effet d'augmenter la pente du tube, et sa fréquence maximale de fonctionnement par diminution des capacités parasites inter-électrodes. Sont alors apparus les tubes ECC88, ECC188, ECC189, pour les doubles triodes et les tubes EC86 et EC88 pour les simples triodes. Ces tubes ont permis le développement des tuners de téléviseurs sur des fréquences élevées pour l'époque, dans la bande 400 à 900 MHz. Cette évolution s'est poursuivie avec des tubes encore plus performants et plus robustes, pour les usages militaires et industriels de «pointe», tels les E80CC, E182CC, 7308, ECC8100, EC8010, 7044 etc.

Enfin les dernières évolutions ont porté sur la miniaturisation de ces tubes, la 5725 utilisée dans l'étage vinyle en étant un exemple. On peut aussi citer la triode EC900, la tétrode de puissance 6005 tubes miniatures à 7 broches et les tubes sub-miniatures comme les triodes 5718, 5719, enfin les nuvistors 6CW4, 7586, 7895, 7587 etc, lampes de la taille des premiers transistors.

Aujourd'hui, je vous propose de réaliser la version à performance professionnelle de ce préamplificateur.

Vous l'avez compris, cette réalisation utilisera des tubes professionnels en version militaire, mais rassurez-vous, les tubes choisis sont actuellement faciles à trouver et d'un prix à peine plus élevé que les ECC81.

**Pour cette version du préamplificateur j'ai sélectionné le tube 7308, pour ses performances, et sa disponibilité à un prix correct.**

## COMPARAISONS DE LA ECC81 ET DE LA 7308

### • CARACTERISTIQUES LIMITES

	ECC81	7308
Ua	300 V	250 V
Pa	2.5 W	2 W
Pg		0.03 W
Ug max	-50 V	-110 V
Ug crete		-200 V
I cath	15 mA	22 mA
I crete		110 mA
U f/k	90 V	120 V
Rg max	1 MΩ	1MΩ

### • CONDITIONS D'UTILISATION

U f	6.3 V/12.6 V	6,3 V
I f	0,3 A/0,15 A	0,335 A
Ug	-2 V	-6 V à -9 V
Ua	250 V	60 V à 150 V
Ia	10 mA	6,5 à 9,2 mA

### • CONSTANTES DES TUBES

S	5,5 mA	12,5 mA
K	62	33
Ri	11250 Ω	2640 Ω
Req de bruit à 45 MHz	3000 Ω	250 Ω
Req de bruit à 200 MHz	>10 dB	4,6 dB

## CE QUI NE CHANGE PAS

La partie vinyle, équipée de 8 tubes 5725 n'est pas modifiée (LED 177 figures 3 a-b-c et figures 4 a-b)

La carte relais reste identique (LED 175 figures 16 et 17)

La carte commande (LED 176 figures 18 et 19)

La carte volume (LED 175 figures 14 et 15)

## CE QUI VA CHANGER

Le remplacement des ECC81 par des 7308 va se faire moyennant très peu de modifications au préamplificateur décrit dans le LED 175.

### 1° Tension de chauffage des tubes :

Les ECC81 étaient chauffées en 12 V entre les broches 4 et 5. Entre ces broches il nous faut du 6 volts seulement pour les 7308.

La broche 9, précédemment en l'air doit être réunie à la masse.

Il nous faudra modifier quel que peu la carte alimentation et dans une moindre mesure la carte pré ampli pour alimenter tous les tubes en 6 V, et les relais en 12 V.

### 2° Le réglage des tensions de polarisation

Simple réglage sur la carte préamplificatrice.

C'est cette mutation que je vais vous décrire maintenant dans cet article.

Si vous avez attendu la fin de la parution de ces quatre articles pour vous lancer dans cette réalisation, il suffira de tenir compte des modifications proposées aujourd'hui dans la réalisation du câblage.

## RÉALISATION PRATIQUE DES MODIFICATIONS

**Nous supposons que vous avez réalisé la version originale du préamplificateur.**

Après avoir débranché l'appareil et ôté le capot supérieur, nous enlèverons l'ensemble des tubes de tous les modules, puis nous vérifierons avec le voltmètre continu réglé sur 500 V qu'il n'y a plus de haute tension continue entre la self de filtrage et la masse. Il faut se souvenir que le condensateur de filtrage de 1 000 µF

# PRÉAMPLIFICATEUR AUDIOPHILE

ne se décharge pas instantanément, et la quantité d'énergie qu'il accumule sous 400 V peut être mortelle. Si une tension continue subsiste, il faudra «vider» le condensateur, le plus simple étant de mettre à la masse l'une des deux broches de sortie de la self de filtrage au travers d'une résistance de quelques dizaines d'ohms, pendant quinze à vingt secondes, puis de vérifier à nouveau la tension, car quelques secondes plus tard le condensateur peut de nouveau être en tension, répéter l'opération si nécessaire. Éviter de court-circuiter la self et la masse avec un objet métallique, car l'arc qui va se développer peut percer la tôle de masse.

Il faut maintenant enlever la carte alimentation, et remplacer les circuits doubleur de tension LATOUR (LED 176 figures 22 et 23) par les ponts de diodes PR1 et PR2 (LED 175 figure 13), puis brancher deux fils sur le TBLOCK 6 (LED 176 figure 24) et souder ces fils sur l'entrée alternative de l'un des deux circuits DOUBLEUR LATOUR que l'on vient de démonter de la carte alimentation. Ainsi, ce circuit alimenté en 6.3 V alternatif va nous donner du 12 V continu pour alimenter les relais.

Enfin remonter la carte alimentation sur le châssis.

Débrancher l'alimentation 12 V du circuit de commande connective (LED 176 figures 18 et 19) et rebrancher le 12 V continu venant du doubleur LATOUR que l'on vient de recâbler juste avant. Attention de bien mettre le (-) à la masse et le (+) sur le plot 12 V. En cas d'inversion, le régulateur pourrait ne pas apprécier et partir en fumée.

Démonter la carte préamplificatrice (LED 175 figures 10 et 11 ou LED 176 figure 25).

Si la carte est câblée comme les figures 10 et 11, enlever les résistances R26, R27, R20 et R23, et les remplacer par les résistances ajustables PV4, PV5, PV2, et PV3.

La carte est donc maintenant identique à celle de la figure 25.

Tableau 1 et 2

	ECC81	7308
Gain en dB	24	
Vmax eff à l'écrêtage	27	62,5
Saturation d'entrée en V eff	4,2	
V pour 0,2 % de DHT		4,35
Rapport signal/bruit Lin en dB	77	84
Rapport signal/bruit Pondéré dB	103	115

## Distorsion

Vrms	ECC81				7308			
	15 V	2 V	1 V	500 mV	5 V	2 V	1 V	500 mV
100 Hz	1,2 %	0,14 %	0,08 %	0,08 %	2,4 %	0,080 %	0,045 %	0,065 %
1 kHz	1,1 %	0,13 %	0,07 %	0,08 %	2,4 %	0,073 %	0,038 %	0,055 %
10 kHz	0,95 %	0,12 %	0,07 %	0,06 %	2,15 %	0,076 %	0,039 %	0,050 %

Les broches (9) des supports de lampes marquées Fm seront réunies à la masse avec un strap. Le circuit a été réalisé pour permettre ce pontage facilement, la masse étant juste à coté.

Ajuster, avec l'ohmmètre du multimètre fourni avec le kit les valeurs des PV 2, 3, 4 et 5 aux valeurs suivantes, valeurs de résistances mesurées entre la masse et le point milieu des PV.

PV2 = 600  $\Omega$

PV3 = 600  $\Omega$

PV4 = 155  $\Omega$

PV5 = 155  $\Omega$

Remonter la carte et la raccorder.

Remettre les tubes de la carte alimentation. Mettre sous tension et régler la haute tension de sortie prise sur TBLOCK 8 à 300 V (au lieu de 400 V précédemment) avec le potentiomètre ajustable PV1. Couper l'alimentation, débrancher le secteur, et remplacer les quatre tubes ECC81 par quatre tubes 7308.

Remonter les 8 tubes 5725.

Si tout a été fait correctement à la remise sous tension, le led bleu doit s'allumer ainsi que le led rouge correspondant au relais sous tension.

Mesurer la haute tension, qui doit être restée à 300 V, sinon régler avec PV1. Cette tension n'est pas critique, elle peut être comprise entre 250 et 300 V. En aucun cas elle ne doit dépasser 300 V, car les tubes 5725 et 7308 ne sont pas

prévus pour des tensions supérieures, et leur durée de vie serait réduite

Comme vous le voyez, les modifications pratiques sont peut nombreuses et très simples.

## OPTIMISATION

Les réalisations de plusieurs préamplificateurs ont montré une cohérence des résultats de mesures, simplement en ajustant la tension au point gauche de TBLOCK 14 et au point gauche de TBLOCK 13 à exactement 150 V (sur la figure 25 page 36 LED 176).

Bien sûr, pour ceux d'entre vous qui disposez d'un labo complet avec distorsionmètre, générateur BF à très faible distorsion et oscilloscope à mémoire, il est possible de «figoler». La méthode à été décrite dans le numéro 176 de LED page 35. Je n'y reviendrai donc pas.

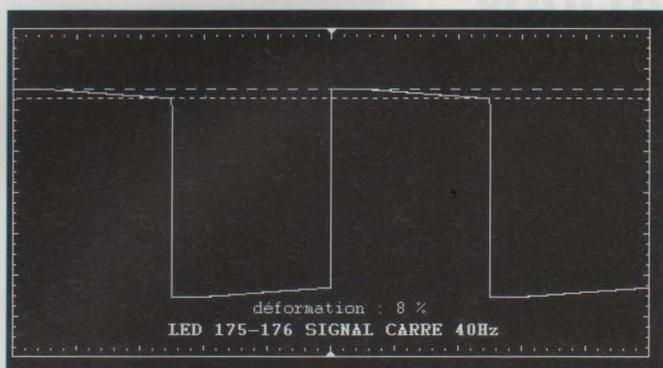
Compte tenu des résultats obtenus avec un simple multimètre, est-ce bien utile ?

## RESULTATS PRATIQUES ET MESURES

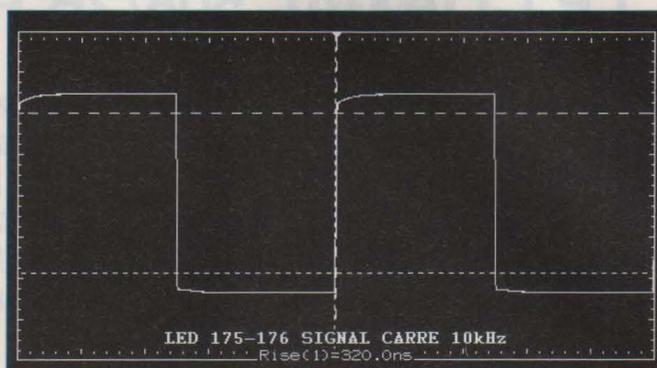
Au niveau des résultats les améliorations apportées sont très spectaculaires.

Vous trouverez, photos B, C, D, les signaux carrés à 1 kHz, 50 kHz et 5 MHz. L'écart le plus spectaculaire porte sur le temps de montée qui passe de 12,20  $\mu$ s

# DE L'ECC81 À LA 7308



Signal carré à 40 Hz en sortie préampli.



Signal carré à 10 kHz en sortie préampli.

## Distorsion par harmoniques totale

Fréquences	5 V	2 V	1 V	500 mV
100 Hz	2,4 %	0,080 %	0,045 %	0,065 %
1 kHz	2,4 %	0,073 %	0,038 %	0,055 %
10 kHz	2,15 %	0,076 %	0,039 %	0,050 %

Tension de sortie : 2 Veff pour 0,08 Veff à l'entrée (gain de 28 dB)

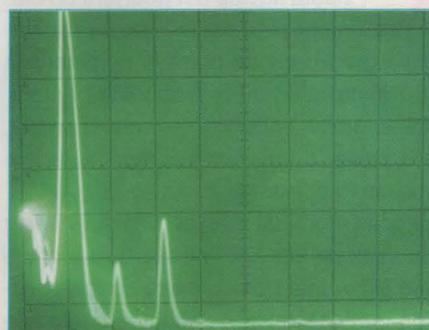
Niveau de sortie :

V : 4,35 Veff pour 0,2 % de DHT

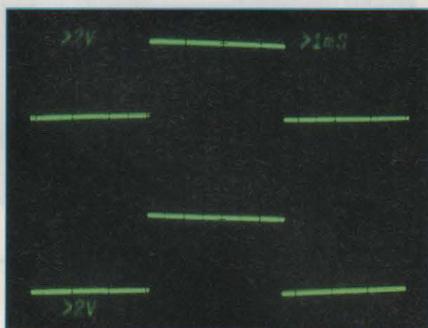
Vmax : 6,25 Veff avant écrêtage

Rapport signal/bruit : Lin. : 84 dB

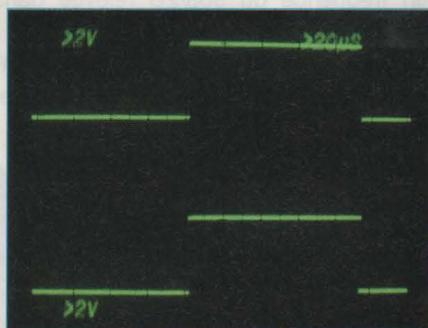
Pondéré : 115 dBA



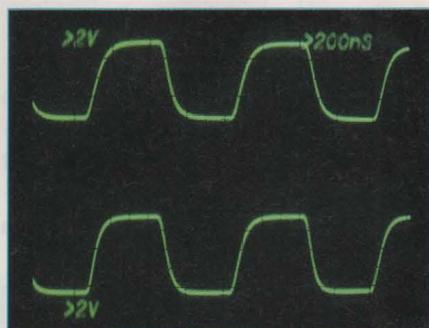
A : spectre de distorsion.



B : signal carré à 1 kHz avant le circuit R/C du volume.



C : signal carré à 50 kHz avant le circuit R/C du volume.



D : signal carré à 5 MHz avant le circuit R/C du volume.

à 0,320  $\mu$ s, soit 38 fois moins, avec comme conséquence l'élargissement de la bande passante de 20 kHz à plus de 500 kHz !

La pente à 40 Hz passe de 12% à 8%. Les **tableaux 1 et 2** illustrent bien les résultats comparatifs des mesures avec ECC81 et 7308.

On constate outre l'élargissement très important de la bande passante, qui

dépasse 500 kHz une diminution très nette de la distorsion, de 50 % en moyenne, même à très haut niveau, distorsion stable avec la fréquence. En outre, le préamplificateur est capable de sortir des tensions de plus de 50 Veff, l'écrêtage se produisant à 62,5 Veff ce qui permet d'attaquer en direct n'importe quel amplificateur, même les triodes les plus difficiles à driver. Enfin l'absence

de rotation de phase est visualisée sur les signaux carrés à 40 Hz, la pente n'étant que de 8 % malgré les condensateurs en sortie.

Ces mesures ont été effectuées amicalement par le laboratoire d'essai de la revue Prestige Audio Vidéo.

A COCHETEU

# LE COAXIAL 508/2B RADIANT

Après avoir proposé aux lecteurs le coaxial 5312 de la marque Radian, haut-parleur de diamètre 30 cm, nous allons faire connaissance avec leur 21 cm portant la référence 508/2B. Comme pour les références précédentes, on est toujours agréablement surpris par la finition de ces produits venus des Etats-Unis ainsi que par leurs poids.

**L**e haut-parleur coaxial encore peu utilisé dans les enceintes haute fidélité est pourtant un élément intéressant pour l'audiophile qui a peu de place à consacrer à son installation Hi-Fi (rappelons l'étude d'une petite enceinte que nous avons, proposée dans notre n°164 avec le coaxial PHL Audio).

Le point «fort» de ce type de haut-parleur «le deux en un» tient au fait qu'il procure une excellente homogénéité de reproduction de l'ensemble du spectre audio, dû au fait de la non localisation des deux sources émises, l'axe étant le même.

## LE RADIANT 508/2B

Dans la fabrication Radian, la chambre de compression est fixée derrière le circuit magnétique du haut-parleur qui doit donc être percé pour permettre le passage de la corolle, celle-ci possédant une ouverture de 90°.

Les plaques de champ ont des usinages particuliers afin de combattre l'influence des courants de Foucault émis entre eux par les circuits magnétiques.

### • SPÉCIFICATIONS

- Réponse en fréquence : 55 Hz à 20 kHz
- Puissance admissible : 200 Weff
- Rendement : 95 dB/1 W/1 m
- Fréquence de raccordement : 1 800 Hz (avec pente de 12 dB/octave)
- Impédance des bobines : 2 x 8 Ω
- Diamètre des bobines :
  - boomer : 50,8 mm
  - tweeter : 44,45 mm

- Matériau du cône : papier renforcé
- Poids : 3,64 kg

### • PARAMÈTRES DE THIELE

- QTS : 0,3961
- QMS : 4,97
- QES : 0,4304
- VAS : 23,5 litres
- Fs : 73 Hz
- XMAX : 0,03
- RE : 6,3 Ω
- SD : 34,13

### • MESURES

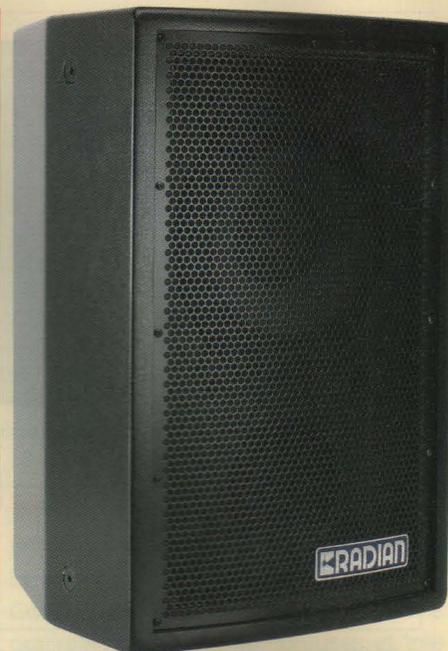
La **figure 1** montre, en haut, la réponse en fréquence du 508/2B relevée dans l'axe à une puissance de 1 W (2,83 V / 8 Ω), de 20 Hz à 20 kHz. La courbe d'impédance du bas est mesurée à l'air libre.

## L'ENCEINTE RCX-108P-V

Il s'agit d'un produit «fini» Radian distribué par la société CICE qui utilise bien évidemment le 508/2B. L'ébénisterie de forme trapézoïdale est délicate à réaliser, ses flancs cassés à mi-profondeur forment des angles de 20°. Les dimensions externes sont de 489x318x330 mm.

### • L'ÉBÉNISTERIE CICE

Pour faciliter la réalisation d'une «caisse» plus conventionnelle, CICE communique aux lecteurs en **figure 2** les plans d'une ébénisterie classique obtenue à partir de panneaux de 25 mm d'épaisseur. Ses dimensions sont de 280x480x350 mm. Avec ce volume, les résultats d'écoute seront assez semblables avec le coaxial



Un bornier de raccordement doublé.

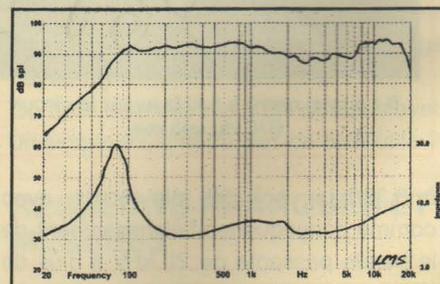


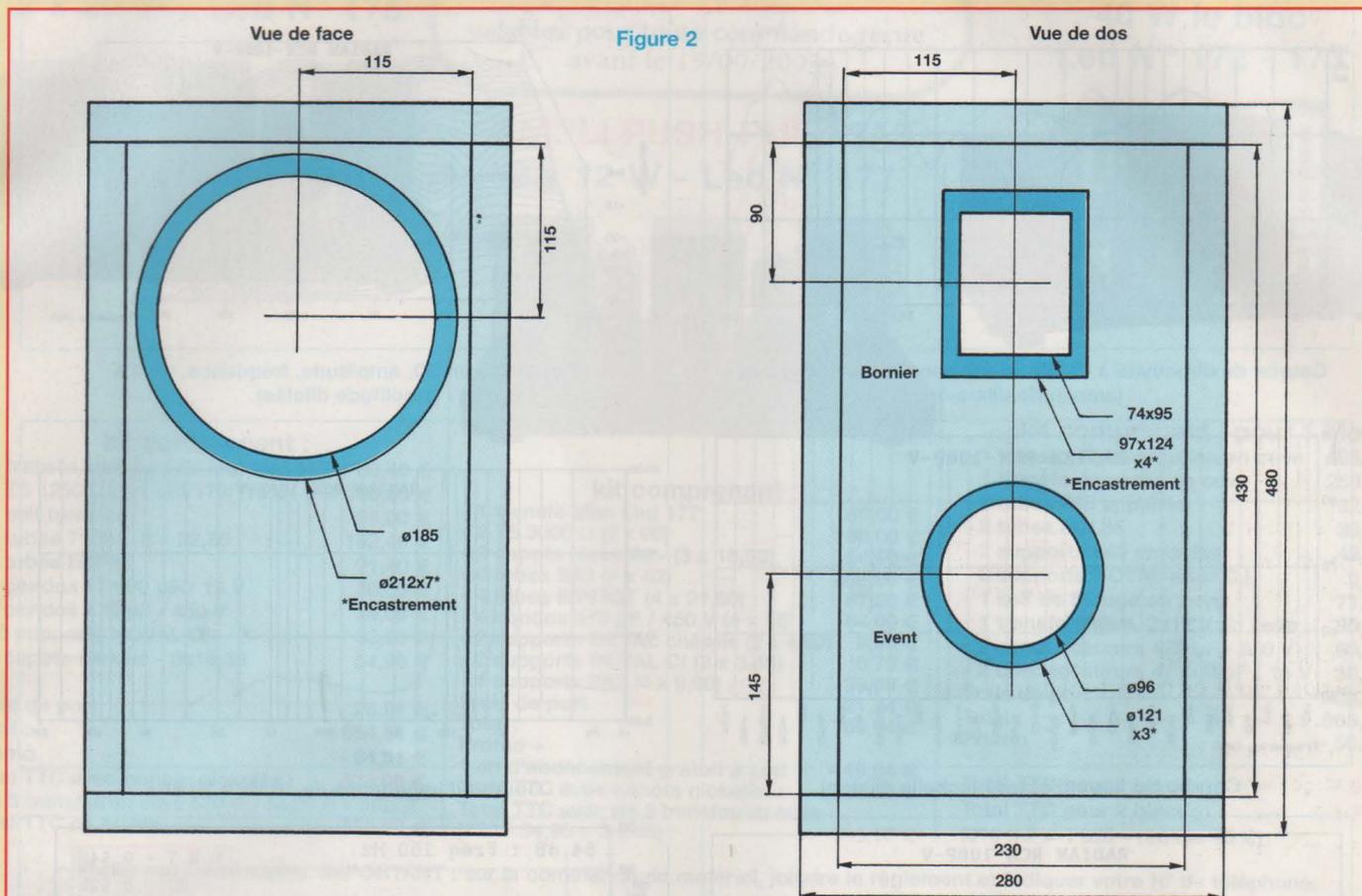
Figure 1

508/2B. Le volume brut est de 30 litres (2,3x4,3x3 dm).

### • L'ÉVENT ET L'AMORTISSEMENT

L'évent est placé en face arrière. Son dia-

# UN RENDEMENT DE 95 dB



Plan de l'ébénisterie  
Cotes internes 230x430x300 (profondeur)  
Charge type bass-reflex.



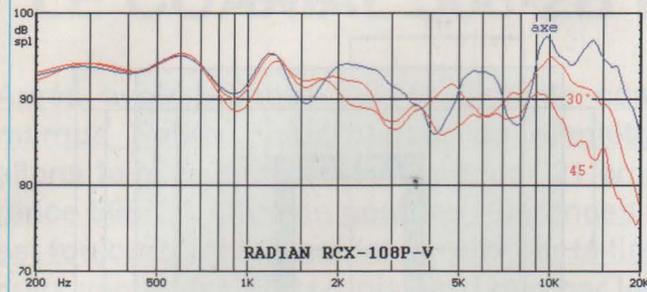
Une fabrication très soignée pour ce 508/2B et une rigidité à toute épreuve.

mètre est de 120 mm pour une profondeur également de 120 mm.

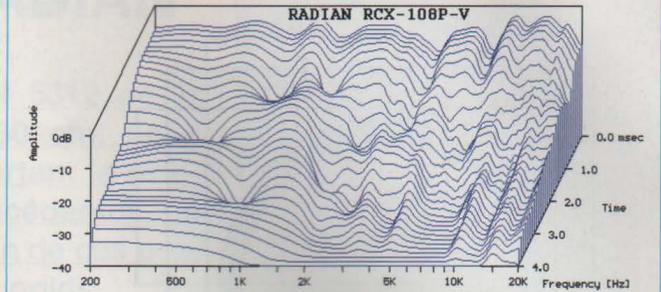
Le bornier de raccordement est prévu pour le bi-câblage ou pour mettre le filtre

passif à l'extérieur de l'enceinte, les fiches femelles ne servant plus alors qu'aux rac-

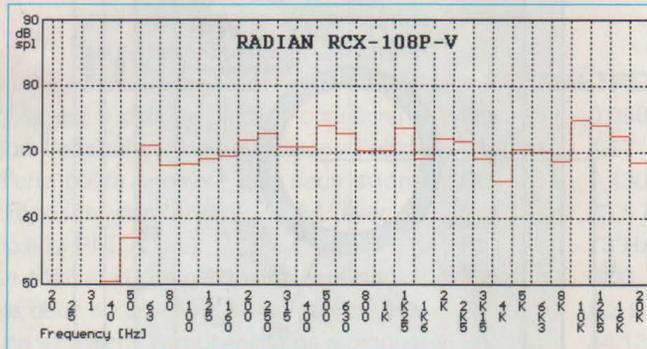
# LE COAXIAL 508/2B



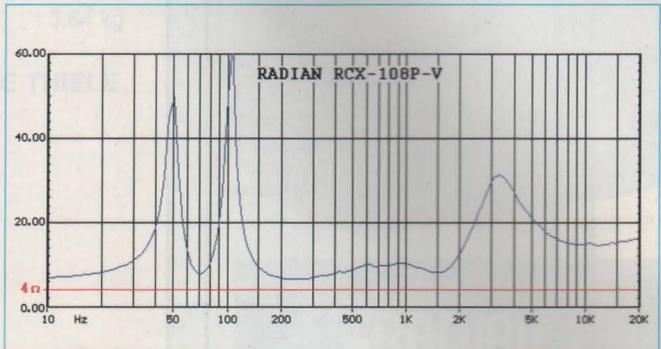
Courbe de directivité à 0°, 30° et 45° dans le plan horizontal (amplitude dilatée).



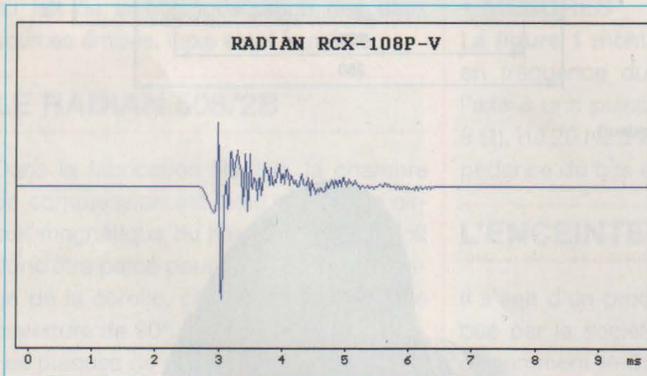
Réponses en 3D, amplitude, fréquence, temps (amplitude dilatée).



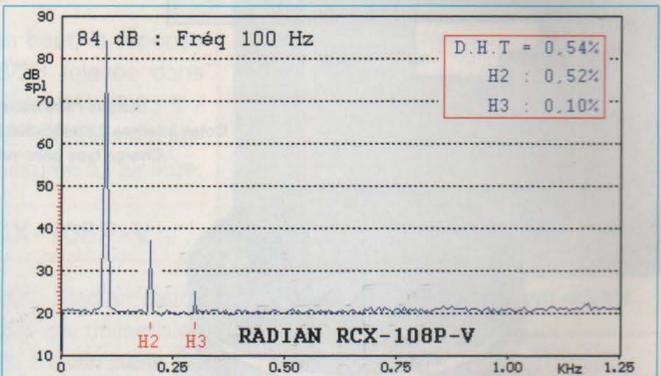
Courbe par tiers d'octave (échelle dilatée).



Courbe d'impédance de 10 Hz à 20 kHz



Réponse impulsionnelle.



Distorsions par harmoniques.

cordements des 4 cosses du coaxial. L'amortissement se fait avec de la laine de verre de 60 mm d'épaisseur qui tapisse les parois latérales, la face arrière ainsi que le fond de l'enceinte.

## LA RCX-108-P-V AU BANC D'ESSAI

Les mesures ont été effectuées par le laboratoire de Audio Vidéo Prestige. La réponse impulsionnelle fait apparaître un

temps de rétablissement entaché d'un bruit parasite qui est probablement dû au cache noyau du 508/2B, le tweeter étant situé derrière celui-ci. On remarque le même phénomène avec le coaxial 5312. L'impédance minimale est de 6,6 Ω. Le niveau d'efficacité est élevé avec 93 dB/1 W/1 m.

## L'ÉCOUTE

L'enceinte RCX-108P-V est un produit

bien équilibré qui donne une écoute agréable. Elle fait preuve d'une grande rapidité, le 508/2B ayant une excellente réponse impulsionnelle.

Son haut rendement lui permet d'être raccordée à tous types d'amplificateurs. Ne pas trop s'éloigner de l'axe pour une bonne écoute aux hautes fréquences (>10 kHz).

Un produit que nous vous conseillons d'aller écouter attentivement à la Sté CICE.

**DB**

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

## SINGLE END QUATUOR 2 x 20 W - Led N° 175



### kit comprenant :

- 1 transfo alim en tole Led 175 88,40 €
- 2 TS 1250 Ω Led 140/170/175 en tole 160,00 €
- 1 self torique 28,00 €
- 8 tubes 7189 - 8 x 22,80 182,40 €
- 2 tubes ECF82 21,40 €
- 2 condos 47 000 μF / 16 V 30,00 €
- 2 condos 470 μF / 450 V 30,00 €
- 10 supports NOVAL CI 33,50 €
- 3 capots nickelé - 3x18,30 54,90 €

Frais de port 25,91 €  
 Total : 654,51 €  
 Promo - 84,51 €  
**Total TTC avec capots nickelés : 570,00 €**  
 Les 3 transfos en cuve 570 € - 54,90 € + (46x3)  
**Total TTC en cuves 653,10 €**

## PROMOS

valables pour toute commande reçue avant le 15/09/2003

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



### kit comprenant :

- 1 transfo alim Led 177 89,00 €
- 2 TS 3000 Ω (2 x 95) 190,00 €
- 3 capots nickelés - (3 x 18,30) 54,90 €
- 4 tubes 2A3 (4 x 52) 208,00 €
- 4 tubes 6SN7GT (4 x 21,80) 87,20 €
- 4 condos 470 μF / 450 V (4 x 16) 64,00 €
- 2 supports OCTAL châssis (2 x 4,60) 9,20 €
- 2 supports OCTAL CI (2 x 3,35) 6,70 €
- 4 supports 2A3 (4 x 9,90) 39,60 €
- Frais de port 21,34 €
- Total : 769,94 €
- Promo + 1 an d'abonnement gratuit à Led - 49,94 €
- Total TTC avec capots nickelés : 720,00 €**
- Total TTC avec les 3 transfos en cuve (720 - 54,90 + 3 x 45) 803,10 €**

## PUSH-PULL 845 40 W le bloc Led N°s 172 - 173



### kit comprenant : pour 1 bloc

- 1 transfo d'alimentation en cuve 198,20 €
- 1 transfo de sortie en cuve 259,20 €
- 2 tubes 845 appariés 152,40 €
- 2 tubes ECL86 35,00 €
- 2 supports 845 argentés 42,60 €
- 2 supports NOVAL pour C.I. 6,70 €
- 1 self de filtrage en cuve 71,65 €
- 1 transfo d'alim. 2x12 V en cuve 85,00 €
- 2 condensateurs 470 μF / 500 V 60,00 €
- 2 condensateurs 47 000 μF / 16 V 30,00 €
- Frais de port 25,91 €
- Total : 966,66 €
- Promo - 56,66 €

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

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



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

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

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

### TRANSFORMATEURS DE SORTIES

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

### SELFS

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

### LAMPES PRIX A L'UNITE

Pré-amplifications + Valves			Tubes de puissance						
ECC81	13,70	6SN7GT	21,80	EL84 troncal	8,40	6550 E.H.	46,70		
ECC82	9,10			EL34 Tesla	24,20	7189	22,80	6L6 E.H.	26,00
ECC83	12,20	EZ80	16,60	KT88 Tesla	46,70	845 Chine	76,20	6V6 E.H.	18,00
ECF82	10,70	EZ81	16,60	300B Sovtek	122,00	ECL86	17,50	300B E.H.	200,00
EF 86	22,90	GZ32	15,20	KT90	60,00	2A3 Sovtek	52,00	EL84 E.H.	12,00

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

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

LED N°	Secondaires	Prix TTC Euros
136-140	2 x 225 V - 2 x 6,3 V	79,30
138	2 x 300 V - 2 x 6,3 V	64,00
142	2 x 300 V - 2 x 6,3 V tole (PRO01)	57,20
143-145	2 x 230/240 V - 12 V	90,70
146-150	2 x 380 - 2 x 6,3 V - 5 V	90,70
147-148	PREAMPLI TUBES circuits " C "	74,70
149-158	ALIM.H.T. / Préampli tubes 2 x300 V - 2 x 6,3 V	77,80
152	Prim. 230 V - Ecran - Sec. 2 x 300 V - 2 x 6,3 V	97,60
154-159-160	Prim. 230 V - Ecran - Sec. 2 x 360 V-5 V-6,3 V	88,40
155	Prim. 230 V - Ecran - Sec. 2 x 230 V ou 2 x 330 V + 12 V	79,30
157-160	Prim. 230 V - Ecran - 380 V + 6,3 V + 4 x 3,15 V	90,00
161-162-163-172-173	Prim. 220 V / 230 V - Ecran - 2 x 330 V - 12 V - 6,3 V en cuve	198,20
	Prim. 230 V - Sec : 2 x 12 V - Ecran : 53,36 € avec capot et 85,00 € en cuve	
163	Prim. 230 V - Sec. 2 x 240 V + 12 V - Ecran (Filtre Actif)	53,40
166/170	Prim. 230 V - Ecran - Sec. 2 x 230 V + 6,3 V + 6,3 V - 4,5 A	85,40
KIT LED 168 ou 169	comprenant 2 Transfos d'alim, 3 Supports, 3 Tubes ( port compris)	91,00
167/169	Prim. 230 V - Ecran - Sec. 400 V + 6,3 V + 4 x 3,15 V + 75 V	103,70
171	Prim. 230 V - Ecran - 2 x 360 V - 6,3 V / 2 A + 6,3 V / 5 A	88,40
KIT LED 176 - PRE- AMPLI TRANSFO DOUBLE "C"+ 1 SELF en"C" (port compris)		99,00
	Avec en plus 2 selfs 45 mH et 2 selfs 1,7 H	146,00

### SUPPORTS DE TUBES

Noval C.I.	3,35	OCTAL C.I.	4,60	4 coses "300B"	9,90	capot nickelé	18,30
Noval Châssis	4,60	OCTAL Châssis	4,60	Jumbo (845) arg	21,30	Bride condo ø 50	1,50

### CONDENSATEURS

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

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



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

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



## COMPRESSION HAUT DE GAMME



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

### Compressions drivers

450 PB :	1 pouce	25 W	800 Hz à 20 kHz	105 dB	176 € TTC
465 PB :	1 pouce	40 W	800 Hz à 20 kHz	107 dB	235 € TTC
475 PB :	1 pouce	50 W	800 Hz à 21 kHz	109 dB	275 € TTC
636 PB :	1,4 pouce	50 W	500 Hz à 20 kHz	110 dB	295 € TTC
745 PB :	1,4 pouce	65 W	500 Hz à 20 kHz	111 dB	390 € TTC
835 PB :	1,4 pouce	75 W	500 Hz à 20 kHz	113 dB	530 € TTC
651 PB :	2 pouces	50 W	500 Hz à 20 kHz	110 dB	295 € TTC
760 PB :	2 pouces	60 W	500 Hz à 20 kHz	111 dB	390 € TTC
850 PB :	2 pouces	75 W	500 Hz à 20 kHz	113 dB	530 € TTC
950 PB :	2 pouces	100 W	500 Hz à 20 kHz	111 dB Neodin	850 € TTC

bobine 4 pouces.

### Haut-parleurs

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

### Haut-parleurs coaxiaux

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



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

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



### HAUT PARLEUR RADIAN.

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



### Pavillon bois massif



2208B



950PB



2216

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



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

**RÉPARATION ENCEINTES  
HIFI ET PROFESSIONNELLES  
RECONDITIONNEMENT ET RÉFECTION**

**OPTIMISATION DES SYSTEMES ACOUSTIQUES  
SONORISATION  
INSTRUMENTATION - HIFI**



Coaxiaux

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

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

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