

# Lead

COURS N° 17 : ET SI ON PARLAIT « TUBES »

L'AMPLIFICATEUR DE TENSION « R/C »

ENSEMBLE DE PRISE DE SON (2° PARTIE) :

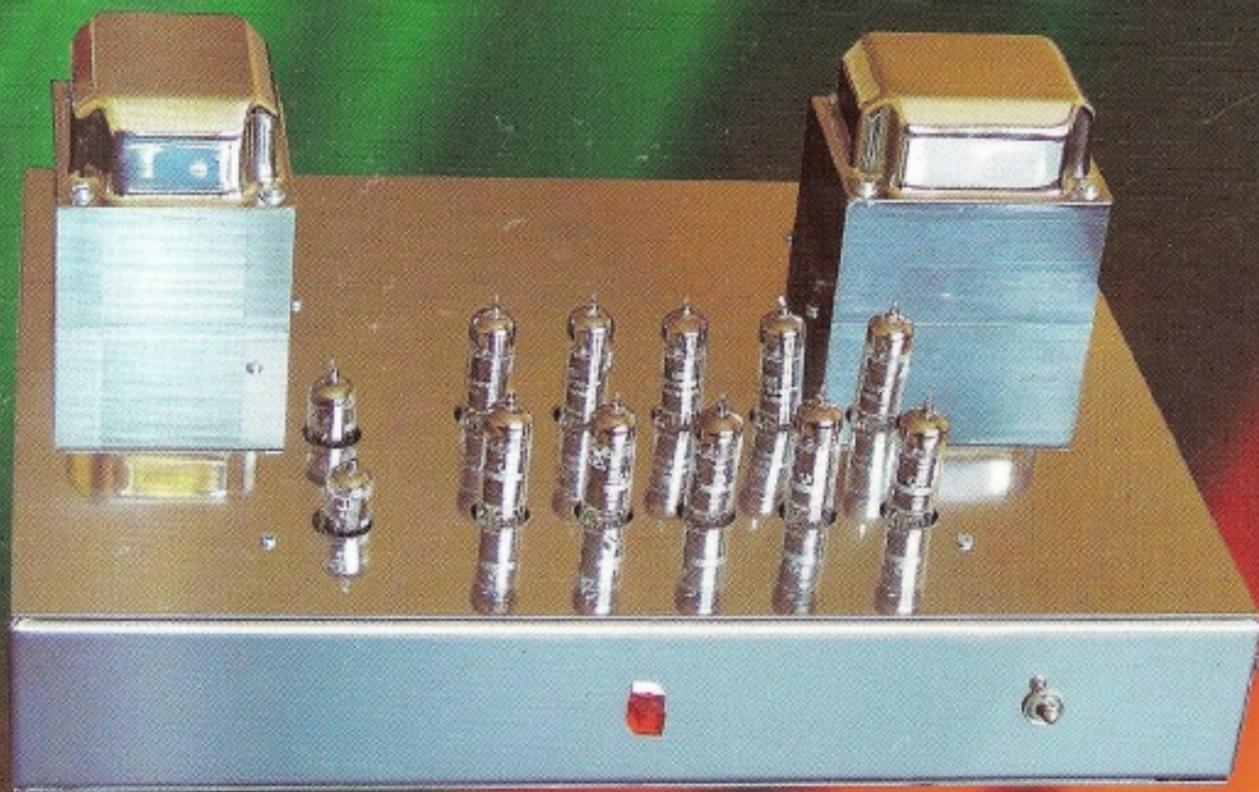
AMPLIFICATEUR DE LIGNE ET COMPRESSEUR

MODULE AMPLIFICATEUR DE 50 Weff

AMPLIFICATEUR DE 50 Weff À TÉTRODES 6005



**MODULE AMPLIFICATEUR  
DE 50 Weff/8 Ω  
À ENTRÉE SYMÉTRIQUE**



**AMPLIFICATEUR DE 50 Weff SUR CHÂSSIS TUB'OX**



**AMPLIFICATEUR DE LIGNE ET COMPRESSEUR**

M 01226 - 190 - F: 4,50 € - RD



# Led

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

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

## Led

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

Services :

Rédaction - Abonnements :

**01 44 84 88 28**

2-12 rue de Bellevue  
75019 Paris

Ont collaboré à ce numéro :

Rinaldo Bassi  
André Cocheteux  
Gabriel Kossmann  
Jean-Louis Vandersleyen

Abonnements :

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

Publicité :  
Bernard Duval

Réalisation :  
Transocéanic SAS

Dessinateur :  
Pascal Mercier

Impression :  
Berger Levrault - Toul  
Imprimé en France

## 6

### L'ÉLECTRONIQUE À TUBES L'AMPLIFICATEUR DE TENSION « R/C » (COURS N° 17)

Quoi de plus simple, en apparence, que l'amplificateur de tension à couplage « Résistance / Capacité » appelé familièrement « R/C », dont nous avons commencé l'autopsie dans le précédent numéro de *Led*. Je vous rassure tout de suite, comme tout ce qui semble simple, le « RC » est beaucoup plus complexe qu'il n'y paraît...

## 12

### PETITES ANNONCES GRATUITES

## 14

### MODULE AMPLIFICATEUR À ENTRÉE SYMÉTRIQUE 50 Weff/8 Ω AVEC LM3886



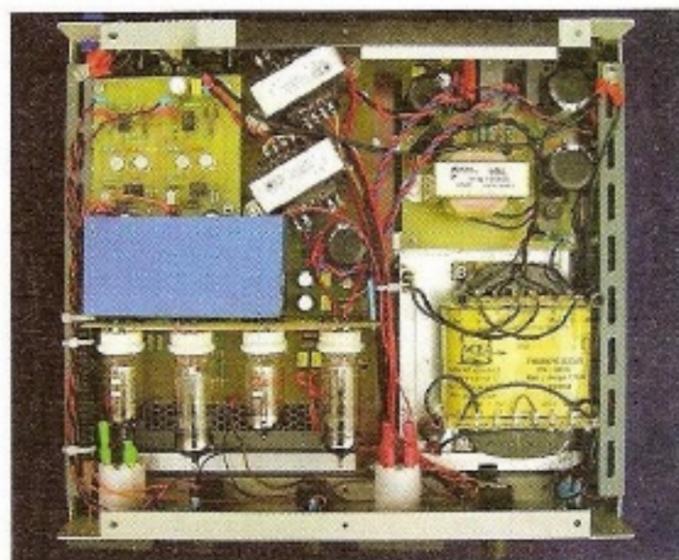
Pour moins de 10 €, le LM3886 est capable de délivrer une puissance de 60 Weff dans une charge de 4 Ω et 50 Weff dans 8 Ω. De surcroît, il présente des qualités audio incontestables, cela pour une bande passante très étendue. Le module que nous vous présentons est à entrée symétrique et le montage se voit doté d'un circuit « servo » qui contrôle et régule la tension continue d'offset en sortie afin de la maintenir au plus près du 0 V.

## 23

### LES 3 CD DE LED SUR LES TUBES ÉLECTRONIQUES

## 28

### UN ENSEMBLE DE PRISE DE SON (2<sup>e</sup> partie) AMPLIFICATEUR LIGNE ET COMPRESSEUR



Après avoir décrit dans notre précédent numéro le préamplificateur pour microphone, nous consacrons la deuxième partie de notre article à l'amplificateur de ligne qui comprend également une unité de compression à seuil réglable. Les deux unités ont été montées dans deux boîtiers séparés pour pouvoir être utilisées indépendamment. L'ensemble affiche des spécifications dignes des meilleurs appareils professionnels.

## 44

### ENSEMBLE HOME CINÉMA MODULAIRE ET DE QUALITÉ AUDIOPHILE (9<sup>e</sup> et dernière partie)

Cette longue réalisation a permis, d'une part, de mettre en évidence les qualités exceptionnelles du circuit KTR 5725 pour la partie amplificatrice et, d'autre part, de vous proposer trois unités de puissance de 10 Weff, 30 Weff et 50 Weff. L'ensemble Home Cinéma est très homogène puisqu'il utilise les mêmes circuits électroniques pour les trois amplificateurs (mêmes schémas, mêmes tubes). Il est simple dans son principe, mais évidemment plus long à construire qu'un simple système stéréo dont il conserve toutes les qualités.

#### DROITS D'AUTEUR

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

# Vente au numéro

à adresser aux ÉDITIONS PÉRIODES, Service abonnements, 2 à 12 rue de Bellevue 75019 Paris

## N° 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

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

- Filtre actif 2 voies à triodes ECC83, pente d'atténuation de 12 dB/octave
- GBF synthétisé 0,1 Hz - 102,4 kHz (2<sup>ème</sup> partie)
- Le Triode 845 (3<sup>ème</sup> partie)
- Milli-Ohmmètre de précision

## N° 168

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

## N° 169

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

## N° 172

- Photocopies de l'article** (Prix de l'article : 4,60 €) :
- Push-Pull de 845 : Bloc mono 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 40 Weff (2<sup>ème</sup> partie)
  - Les alim. HT pour amplis à tubes (1<sup>ère</sup> partie)

## N° 174

- Photocopies de l'article** (Prix de l'article : 4,60 €) :
- Et si on parlait : «tubes» ? Remontons en arrière voulez-vous ? (Cours n°1)
  - Amplificateur en classe A Single-End avec MOS-FET 2SK1058, sans contre réaction
  - Les alim. HT pour amplis à tubes (2<sup>ème</sup> partie)

## N° 175

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

## N° 176

- Photocopies de l'article** (Prix de l'article : 4,60 €) :
- La clé de l'électronique à tubes. (Cours n° 3)
  - SRPP et béta-follower
  - Réalisation pratique du Préamplificateur audiophile (2<sup>ème</sup> partie)
  - Amplificateur stéréophonique double Push-Pull de triodes 6AS7-G ou 6080 : 2 x 18 Weff

## N° 177

- Photocopies de l'article** (Prix de l'article : 4,60 €) :
- La clé de l'électronique à tubes. (Cours n° 4)
  - Mu-Follower de puissance mono-tube (1<sup>ère</sup> partie)
  - Préamplificateur audiophile 6 entrées (3<sup>ème</sup> partie)
  - K2, notre caméra CCD destinée à l'astronomie : la tête optique (1<sup>ère</sup> partie)
  - Push-pull de 2A3 : 2 x 12 Weff / 4 et 8 Ω sans contre-réaction

## N° 179

- Photocopies de l'article** (Prix de l'article : 4,60 €) :
- La clé de l'électronique à tubes (Cours n° 6)
  - Amplificateur Push-Pull d'EL84 2 x 12 Weff

## N° 180

- Photocopies de l'article** (Prix de l'article : 4,60 €) :
- La clé de l'électronique à tubes (Cours n° 7)
  - Alimentation haute tension à très faible bruit

## N° 181

- La clé de l'électronique à tubes (Cours n° 8)
- L'amplificateur multicanal GK Five (1<sup>ère</sup> partie)
- L'enceinte Euphonie/Vifa « Double six »
- Le push-pull de triodes 845
- Alimentation haute tension à très faible bruit (2<sup>ème</sup> partie)

## N° 182

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

## N° 183

- La clé de l'électronique à tubes (Cours n° 10)
- De la théorie à un (petit) peu de pratique
- Ampli intégré à 4 entrées (push-pull ECL86)
- Préamplificateur tous tubes pour Home Cinéma (2<sup>ème</sup> partie)
- L'amplificateur multicanal GK Five (3<sup>ème</sup> partie)
- Amplificateur de mesure à faible bruit
- Afficheur bargraph pour analyseur audio (1<sup>ère</sup> partie)

## N° 184

- La clé de l'électronique à tubes (Cours n° 11)
- De la triode à la pentode
- Amplificateur « single end » à triode/pentode ECL86
- Analyseur audio 16 voies (2<sup>ème</sup> partie)
- Amplificateur pour écoute au casque à tubes
- L'amplificateur multicanal GK Five (4<sup>ème</sup> partie)
- Préamplificateur tous tubes pour Home Cinéma (3<sup>ème</sup> partie)

## N° 185

- La clé de l'électronique à tubes (Cours n° 12)
- De la théorie à la pratique : les alimentations
- Analyseur de distorsion harmonique
- Amplificateur pour écoute au casque à transistors
- Préamplificateur tous tubes pour Home Cinéma (4<sup>ème</sup> partie)
- Alimentation haute tension de laboratoire réglable de 50 V à 450 V sous un courant de 500 mA

## N° 186

- La clé de l'électronique à tubes (Cours n° 13)
- De la théorie à la pratique : les alimentations - Le redressement
- Alimentation haute tension de laboratoire réglable de 50 V à 450 V sous un courant de 500 mA (2<sup>ème</sup> partie)
- Préampli mu-follower à ECL86
- Tout savoir sur le surround
- Amplificateur Home Cinéma module 50 W/8 Ω à tétrodes 6005 (5<sup>ème</sup> partie)

## N° 187

- La clé de l'électronique à tubes (Cours n° 14)
- De la théorie à la pratique : les alimentations - Le filtrage
- Push-pull ultra linéaire de tétrodes 807 de 2 x 40 Weff
- Préamplificateur RIAA sans compromis
- Amplificateur Home Cinéma module 50 W/8 Ω à tétrodes 6005 (6<sup>ème</sup> partie) - Alimentation haute tension stabilisée

## N° 188

- La clé de l'électronique à tubes (Cours n° 15)
- De la théorie à la pratique - Les alimentations - Filtrons ! Que diable filtrons !
- Préamplificateur RIAA au-dessus de tout soupçon (2<sup>ème</sup> partie)
- Les condensateurs en audio
- Préamplificateur Mu-Follower à ECF82
- Ensemble Home Cinéma - Modulaire et de qualité audiophile (7<sup>ème</sup> partie) - Ampli stéréo 2 x 10 Weff

## N° 189

- La clé de l'électronique à tubes (Cours n° 16)
- De la théorie à la pratique - Il faut amplifier... alors amplifions
- Amplificateur hybride à triodes 6C19 (1<sup>ère</sup> partie)
- Ensemble de prise de son - Le préampli pour microphone
- Protection intelligente pour HP
- Ensemble Home Cinéma - Modulaire et de qualité audiophile (8<sup>ème</sup> partie) - Amplificateur 30 Weff

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

par CCP  chèque bancaire  mandat

**4,60 € le numéro (ou la photocopie d'article)**  
(frais de port compris)

NOM : ..... PRÉNOM : .....

N° : ..... RUE .....

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

Je désire les magazines suivants :

...n° 160  ...n° 181  ...n° 184  ...n° 187

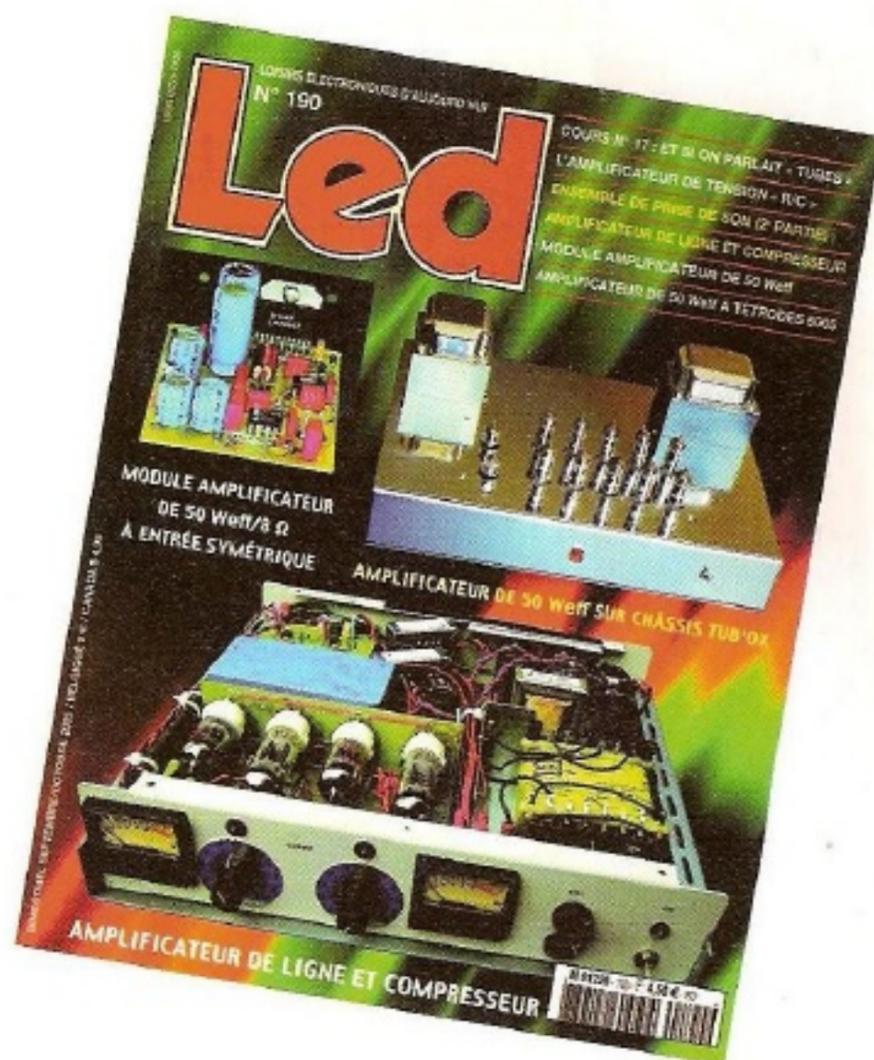
...n° 162  ...n° 182  ...n° 185  ...n° 188

...n° 163  ...n° 183  ...n° 186  ...n° 189

Je désire les photocopies des articles suivants :

Led n°	Titre de l'article

# AVIS AUX LECTEURS



## Deux en un

L'union fait la force : les éditeurs de **Led** se sont rapprochés de l'éditeur du mensuel **Électronique Pratique** pour regrouper, en une seule revue, les contenus des deux publications.

À partir du numéro de novembre 2005 d'**Électronique Pratique** (parution prévue le 7 novembre), vous retrouverez chaque mois les rubriques habituelles de **Led**. Elles se présenteront sous forme d'une section particulière au sein de la revue **Électronique Pratique**, cela pour un prix inchangé de 4,50 euros.

La périodicité désormais mensuelle du contenu de **Led** répond au désir que vous avez souvent exprimé de voir adopter ce rythme de parution.

En outre, vous disposerez d'une publication plus étoffée, ouverte à tous les domaines des applications électroniques, aussi bien en théorie que dans leurs applications pratiques.

Nous vous donnons rendez-vous en novembre dans le numéro d'**Électronique Pratique** où vous retrouverez vos rubriques favorites de **Led**.

La Rédaction

### DE LA THÉORIE À LA PRATIQUE L'AMPLIFICATEUR DE TENSION « R/C » CE MÉCONNU

Quoi de plus simple, en apparence, que l'amplificateur de tension à couplage « Résistance / Capacité » appelé familièrement « R/C », dont nous avons commencé l'autopsie dans le précédent numéro de Led. Je vous rassure tout de suite, comme tout ce qui semble simple, le « RC » est bougrement plus complexe qu'il n'y paraît...

**D**ésolé ! La simplicité apparente du « RC » est la source de bien des déboires en audio. Ceci, en raison de l'asymétrie congénitale du signal musical qui refuse obstinément de se laisser amplifier comme d'honnêtes sinusoïdes ou signaux rectangulaires et de cette fichue courbe enveloppe (voir *Led* n°185) qui ondule gracieusement au rythme aléatoire et imprévisible de la musique, de la parole et des bruits... Un vrai cauchemar pour mathématiciens !

Dans l'amplificateur de tension « RC », le trouble-fête, celui par lequel la bouillie sonore arrive s'il est mal calculé, est le condensateur de liaison « C » (figure 1). Des pages et des pages de calculs complexes lui ont été consacrées faisant pour la plupart intervenir le théorème de développement d'Heaviside dont les conclusions mathématiques sont les suivantes :

- Pour que la **fidélité de transmission dans les basses fréquences** soit maximale, le produit  $R \times C$  doit être très grand, donc C doit être grand.
- Pour que la **phase** soit respectée, ici aussi  $R \times C$  doit être très grand.

- De même, pour la **réponse transitoire**...

Ces réflexions mathématiques, au demeurant parfaitement exactes, ne s'appliquent que pour la transmission de **tensions périodiques symétriques**.

Ce qui n'est absolument pas le cas du signal musical qui est formé d'une multitude d'impulsions de durée variable et parfaitement asymétriques (voir *Led* n°185).

Les conclusions mathématiques faisant foi, c'est néanmoins pour cette raison que l'on voit encore des préamplificateurs et des amplificateurs qui, sous prétexte de passer des « super basses », ont des condensateurs de liaisons de trop forte valeur, accompagnés d'une multitude de condensateurs de « races » différentes destinés à rendre les « gros » plus rapides.

Cette accumulation de condensateurs en parallèle ne fait qu'augmenter la valeur des condensateurs de liaisons. Elle ne rend pas la transmission « plus rapide », bien au contraire.

Cette multiplication ne fait qu'augmenter les capacités parasites de câblage et, comme nous le verrons plus loin, dégrader la transmission des hautes fréquences du spectre sonore. Ceci, sans gain vers les basses fréquences, comme nous allons le voir de suite.

Tout d'abord : comment ça marche ?

#### LE COUPLAGE RC AU TRAVAIL

En réalité, il s'agit d'un « filtre » formé par « RL » la résistance de charge du tube, « C » le condensateur de liaison et « Rg » la résistance de fuite de grille du tube suivant (figure 1).

Raisonnons maintenant de façon élé-

mentaire. Quel est le but de ce filtre ?  
Il est de :

1) Transmettre, au point (B), la copie exacte de la variation de tension produite en (A), aux bornes de RL, pour toutes les fréquences, de la plus basse à la plus élevée.

2) Bloquer la composante continue présente en (A), sur notre schéma 170 V, et de l'empêcher d'atteindre (B). En (B), on recueillera donc uniquement la composante alternative du signal.

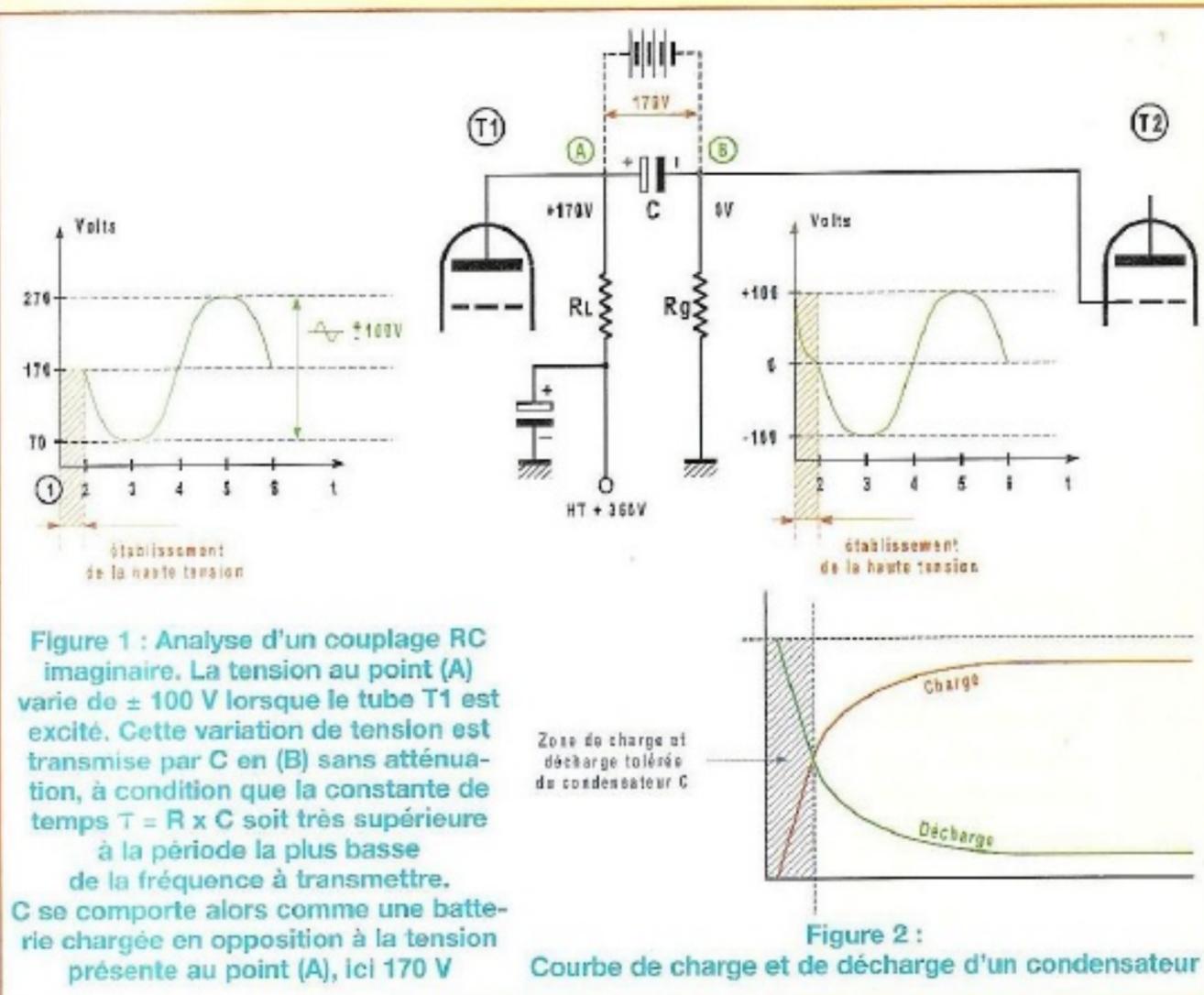
La formulation simpliste est la suivante : un condensateur bloque le continu et ne laisse passer que l'alternatif. C'est apparemment juste lorsqu'il s'agit de tensions périodiques, mais ce raisonnement est (en partie) erroné lorsqu'il s'agit de passer des « impulsions » ou un signal musical. Il nous faut donc étudier plus à fond la physique du fonctionnement du montage RC.

Sur la figure 1, nous avons représenté un montage simple et théorique sur lequel nous avons fait figurer des tensions. Tout d'abord, une haute tension de 360 volts. Lorsque le tube débite, la chute de tension dans la résistance de charge RL est de 190 volts, ce qui amène la tension de la plaque de T1 à 170 volts.

Nous avons représenté à gauche de la figure un « swing » de  $\pm 100$  volts lorsque le tube fonctionne. La tension de la plaque de T1 varie donc autour du point de repos à 170 volts de  $\pm 100$  volts, soit de 70 volts à 270 volts. À gauche, entre les temps 1 et 2, il y a une zone rouge. On suppose que le tube étant chauffé, prêt à fonctionner, on enclenche la haute tension de 360 volts.

Instantanément, le tube débitant, la tension au point A va s'établir à +170 volts. Que va-t-il se passer aux bornes de C ? C et Rg forment un circuit capacité-résistance entre le point (A) à +170 volts et la masse à 0 volt.

Comme tout honnête condensateur, ce dernier va se charger à travers la résistance Rg pendant un temps t, dépendant de la constante de temps du produit  $C \times Rg$ .



**Figure 1 : Analyse d'un couplage RC imaginaire. La tension au point (A) varie de  $\pm 100$  V lorsque le tube T1 est excité. Cette variation de tension est transmise par C en (B) sans atténuation, à condition que la constante de temps  $\tau = R \times C$  soit très supérieure à la période la plus basse de la fréquence à transmettre. C se comporte alors comme une batterie chargée en opposition à la tension présente au point (A), ici 170 V**

**Figure 2 : Courbe de charge et de décharge d'un condensateur**

En prenant des valeurs classiques, soit  $C = 0,1 \mu\text{F}$  et  $Rg = 500\,000 \Omega$ , cela nous donnerait un temps de :

$$\tau = 500\,000 \times 0,1 \cdot 10^{-6} = 50 \text{ ms}$$

Retenez bien ceci, nous en reparlerons tout à l'heure.

Que va-t-il se passer lorsque C sera chargé et que le circuit sera au repos (aucun signal) ou, plus précisément, quelle sera la tension au point (B) ? Sera-t-elle de +170 volts, -170 volts ou 0 volt ? Eh bien, elle sera exactement de 0 volt car, une fois C chargé, plus aucun courant ne traversera Rg. **Le point (B) sera au potentiel de la masse.**

Voyez tout de suite l'avantage pour la grille du tube suivant T2. Comme par principe (pieux !), il n'y a pas de courant de grille, celle-ci est bien au potentiel fixe de la masse **lorsque le système est au repos.**

Faisons maintenant fonctionner le système. Au point (A), la tension va « swinguer » de  $\pm 100$  volts autour du point de repos à 170 volts.

Le condensateur C va tendre à se décharger à travers Rg lorsque la tension descend à 70 volts et à se charger lorsqu'elle monte à 270 volts, mais tout va dépendre de la constante de temps  $C \times Rg$ . Si cette constante de temps est **beaucoup plus longue que la période la plus basse** du signal à transmettre, C n'aura pas le temps matériel de se charger et de se décharger.

La tension continue à ses bornes, dans notre cas de figure, restera pratiquement à 170 volts (**figure 2**). Le condensateur C agit comme une **contre-batterie**, en opposition avec la tension de plaque au repos de 170 volts. C'est cette notion de « contre-batterie » qui est importante pour comprendre le fonctionnement du couplage RC.

Que se passe-t-il en pratique ? Aux instants 2-4-6, la tension de plaque est de 170 volts. C étant chargé à 170 volts en opposition, il ne se décharge pas, aucun courant ne traverse Rg qui reste à zéro en 2-4-6 (à droite, sur la figure).

# LE COUPLAGE RÉSISTANCE-CAPACITÉ

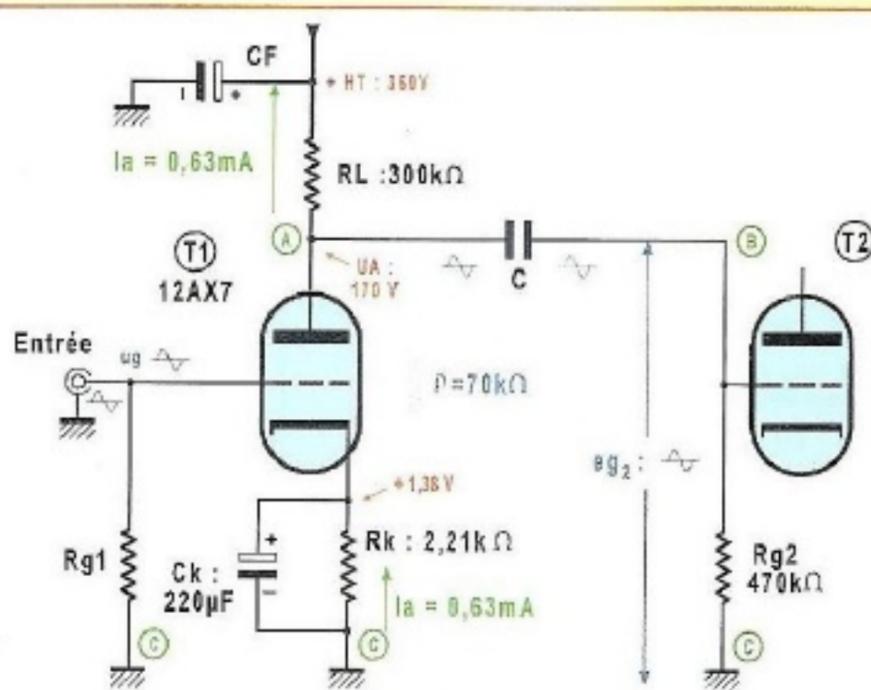


Figure 3a :  
Couplage RC entre T1 et T2. Au point de fonctionnement choisi, la résistance interne du tube est d'environ 70 kΩ

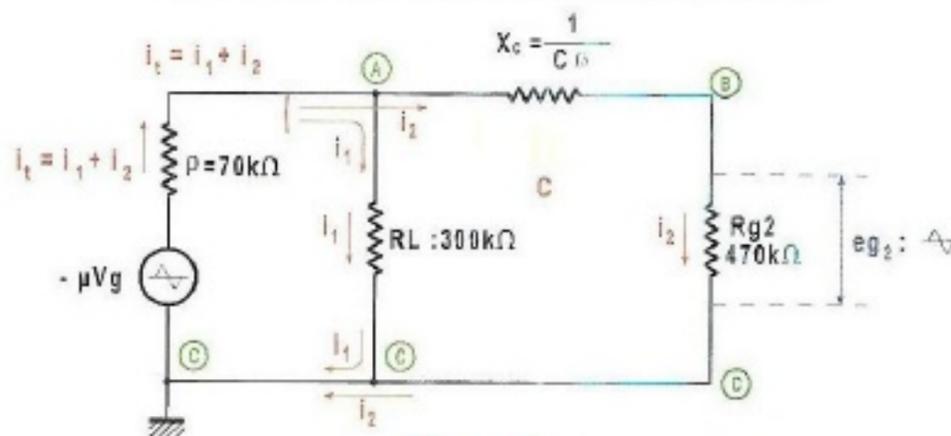
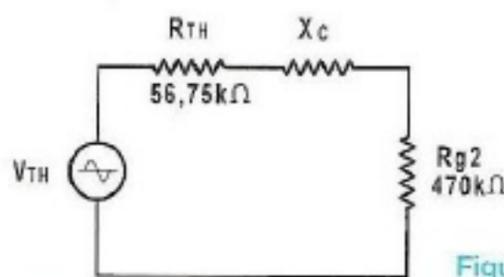


Figure 3b :  
Schéma équivalent en alternatif de celui de la figure 3a. Le condensateur C a été remplacé par sa capacitance Xc



$$V_{TH} = \mu V_g \left( \frac{R_L}{\rho + R_L} \right)$$

$$R_{TH} = \frac{\rho \times R_L}{\rho + R_L} = \frac{70 \times 330}{70 + 330} = 56,75 \text{ k}\Omega$$

Figure 3c : Schéma équivalent simplifié de Thévenin

Lorsque, entre 2 et 4, la tension de la plaque est en dessous de 170 volts, C a tendance à commencer de se décharger le courant circule à travers Rg dans le sens (B) vers la masse, la tension en (B) baisse. À l'inverse, en 4 et 6, la tension monte au-dessus de 170 volts, C commence à se charger, le courant va circuler dans Rg de la masse vers (B). La tension en (B) augmente. Les variations de la tension en (B) sont donc le reflet exact des variations en (A).

Dans notre description littérale (si l'on ose dire) ce qui importe est la notion « commencement » à se charger et « commencement » à se décharger, car la charge et la décharge d'un condensateur suivent une courbe exponentielle (figure 2). Le système fonctionne correctement tant que l'on se trouve dans la partie quasi rectiligne des courbes. Nous avons vu que la constante de temps  $C \times R_g$  doit être beaucoup plus longue que la période de la fréquence la

plus basse à transmettre. Comme la constante de temps

$$T = R \times C$$

Il faudrait faire R ou C très grand. Si R est très grand, on est limité par les tubes eux-mêmes car il y a toujours un courant de grille très faible, certes, mais suffisant pour provoquer l'apparition d'une tension positive en (B). Les constructeurs indiquent les valeurs à ne pas dépasser. Elles sont de l'ordre de 1 MΩ pour les tubes amplificateurs de tension et de 150 à 300 kΩ pour les tubes de puissance. Reste à augmenter la valeur de C, d'où les énormes condensateurs de liaisons des électroniques mal fichues !

Car il y a bien d'autres problèmes. Dans l'ordre, on va d'abord apprendre à calculer C et l'on verra ensuite les problèmes posés par un C surdimensionné. Tout d'abord, il faut que je vous précise que tout ce que je vous ai dit jusqu'ici est (presque !) faux, car nous n'avons tenu compte que de Rg en ignorant RL et la résistance interne du tube T1. Désolé, mais c'était plus simple comme cela !

## DE LA THÉORIE À LA PRATIQUE : CALCUL DE C

Je précise que tout ce que nous avons étudié jusqu'ici concerne la transmission fidèle des fréquences basses. Nous parlerons plus loin de ce qui concerne la transmission des fréquences élevées.

Pour illustrer le calcul de C, nous avons choisi un exemple pratique qui est représenté sur la figure 3a.

Un tube (1/2 12AX7/ECC83) est alimenté par une tension de 360 volts à travers une résistance de charge RL de 300 kΩ. La tension sur sa plaque est de 170 V, ce qui correspond à un courant de repos de :

$$\frac{U_{HT} - U_p}{300\,000} = \frac{360 - 170}{300\,000} = 0,63 \text{ mA}$$

Le tube est polarisé par une résistance

Rk de 2,21 kΩ, la tension de polarisation est donc de :

$$U_g = R_k \times I_a = 2200 \times 63 \cdot 10^{-4} = 1,38 \text{ V}$$

Cette résistance est découplée par un condensateur de 220 μF isolé à 25 V. Un condensateur C, dont nous allons calculer la valeur, transmet le signal amplifié par le tube au tube suivant aux bornes de sa résistance de fuite de grille de 470 kΩ. Cet exemple pratique n'est pas une vue de l'esprit, il est l'étage d'entrée d'un préamplificateur connu : le SP16 d'Audio Research. Sur le schéma original, seul le condensateur Ck est absent car on utilise l'effet de contre-réaction provoqué par la résistance de 2,21 kΩ si elle n'est pas découplée.

Nous étudierons les techniques de contre-réaction dans les prochains chapitres. Pour l'instant, notre but est de calculer C dont la valeur sera la même, avec ou sans contre-réaction.

Pour calculer ce dernier, il nous faut tracer ce que l'on appelle le **circuit équivalent** de notre étage amplificateur. Nous l'avons représenté en **figure 3b**. Pour le représenter, rien de plus simple. On raisonne ici en **tensions alternatives**, on ne tient donc pas compte des tensions continues. Ne pas oublier qu'en alternatif, les courants se referment par la masse à travers les condensateurs de filtrage de la haute tension : CF.

On considère, pour tracer un circuit équivalent, que le tube devient un pur générateur de tension alternative dont la tension est le produit du coefficient d'amplification du tube multiplié par la tension appliquée à son entrée :

Générateur pur :  $-\mu \cdot V_g$

Le signe « - » indique simplement que le tube est inverseur de phase.

Quel chemin empruntera le courant généré par  $\mu \cdot V_g$  ?

Tout d'abord, un courant  $i_1$  va traverser la résistance interne  $\rho$  du tube (dans notre exemple,  $\rho = 70 \text{ k}\Omega$  au point de fonctionnement choisi, valeur extraite des Data du constructeur). Ensuite,  $i_1$  va emprunter le chemin AC en traversant la

résistance  $R_L$  de 300 kΩ. Mais il y a l'autre branche, celle qui nous intéresse au premier chef : la branche ABC. Le courant  $i_2$  va traverser le condensateur C dont la capacitance sera de :

$$X_c = \frac{1}{C \cdot \omega}$$

$$C = \text{Farads}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f \text{ avec } f \text{ en Hertz}$$

puis la branche BC en traversant la résistance de fuite de grille  $R_{g2}$  de 470 kΩ.

Le courant alternatif total qui traversera le tube et sa résistance interne  $\rho$  sera, bien entendu, de :  $i_t = i_1 + i_2$

Vous pouvez constater dès maintenant que  $X_c$  et  $R_{g2}$  forment un diviseur de tension. Logiquement, on constate que plus  $X_c$  sera faible devant  $R_{g2}$  pour la fréquence la plus basse à transmettre, donc pour une valeur de C élevée, plus la tension au point (B) se rapprochera de la tension au point (A), donc plus la transmission sera fidèle. Mais ce n'est pas tout puisque tout dépend du courant qui traverse  $X_c$  et  $R_{g2}$  et que ce courant dépendra entièrement de la tension en (A). On pourrait calculer les tensions et les courants en raisonnant « maille par maille », ce qui serait long et fastidieux. Je vous rassure, il y a beaucoup plus simple.

En 1883, en pleine période d'expansion du téléphone, un monsieur appelé Thévenin, qui en avait assez de calculer des courants et des tensions empruntant des circuits compliqués, eut l'idée de simplifier tout cela. Sachez que l'idée de Thévenin fut de calculer la tension en (A), lorsque la charge  $X_c + R_{g2}$  est déconnectée. On obtient alors ce que l'on appelle la tension de Thévenin ( $V_{TH}$ )

Du coup, on considérera que la tension au point (A) sera produite par un nouveau générateur de résistance interne constituée par deux résistances en parallèle,  $\rho$  et  $R_L$ , qu'on appellera la « résistance Thévenin :  $R_{TH}$  » égale à :

$$R_{TH} = \frac{\rho \times R_L}{\rho + R_L}$$

Et dont la tension à ses bornes AC sera :

$$V_{TH} = -\mu V_g \left( \frac{R_L}{\rho + R_L} \right)$$

$\rho$  et  $R_L$  formant un diviseur de tension. Le nouveau schéma équivalent simplifié est représenté en **figure 3c**. Ce qui nous importe ici est de connaître la valeur de  $R_{TH}$ . Elle est, dans notre exemple, de :

$$R_{TH} = \frac{\rho \times R_L}{\rho + R_L} = \frac{70 \times 300}{70 + 300} = 56,75 \text{ k}\Omega$$

Car maintenant, je vais vous demander d'oublier Thévenin ! Sans oublier la valeur de  $R_{TH}$ , car d'après notre schéma équivalent simplifié par Thévenin, vous constatez le point fondamental suivant : **La capacitance  $X_c$  est en série avec la résistance  $R_{TH}$  et la résistance de fuite de grille de T2.** On estime que la valeur de  $X_c$  à la plus petite valeur de la fréquence que l'on veut transmettre avec une atténuation de 3 dB, doit être égale au  $1/10^e$  de la somme de la résistance de grille  $R_{g2}$  et de la résistance constituée par la mise en parallèle de la résistance de charge  $R_L$  et de la résistance interne du tube  $\rho$  ( $R_{TH}$ ).

C'est ce que l'on appelle un couplage soutenu. La norme adoptée en audio (et uniquement en audio) fixe cette fréquence basse à 3 Hz pour -3 dB d'atténuation, ce qui assure une transmission correcte du signal, des transitoires et de la phase tout au long du spectre audio et, en particulier, vers 20 Hz.

Calculons la valeur de C dans l'exemple choisi. Nous avons déjà calculé  $R_{TH}$  : 56,75 kΩ. Nous connaissons  $R_{g2}$  : 470 kΩ. La résistance totale placée en série avec notre condensateur C est de :

$$R_{TOTALE} = R_{g2} + R_{TH} = 470 + 56,75 = 526,75 \text{ k}\Omega \text{ (526 750 } \Omega)$$

On prendra donc  $X_c$  égale au  $1/10^e$  de cette valeur à 3 Hz.

$$X_c = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 3 \cdot C} = 52 675 \Omega$$

D'où

$$C = \frac{1}{2\pi \times 3 \times 52675} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ F soit } 1 \mu\text{F}$$

## LE COUPLAGE RÉSISTANCE-CAPACITÉ

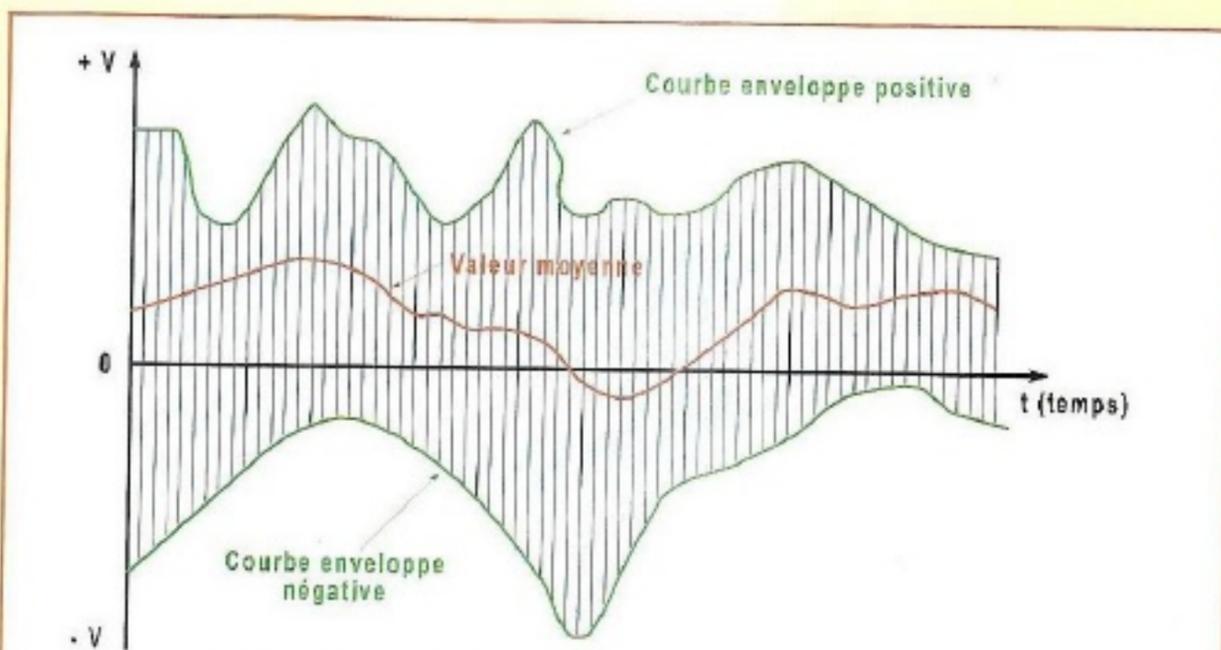


Figure 4 : Représentation d'un signal audio tel qu'on peut le visualiser sur l'écran d'un oscilloscope à mémoire (voir Led n°185). L'asymétrie de la courbe enveloppe du signal génère une courbe de la valeur moyenne de la tension dont la fréquence très basse peut avoisiner 0,1 Hz. Si l'étage « passe » cette fréquence, de graves perturbations peuvent survenir.

C'est d'ailleurs la valeur adoptée par Audio Research pour le SP16.

Le contraire m'eut étonné !

Vous comprenez maintenant pourquoi les grandes électroniques classiques emploient des condensateurs de liaisons de relativement faible valeur. Par exemple, si la résistance  $R_{g2}$  avait été de  $1\text{ M}\Omega$ , ce qui est une valeur courante, la valeur du condensateur aurait été de  $0,5\ \mu\text{F}$  pour la même atténuation de 3 dB à 3 Hz.

En **audio**, il y a danger à utiliser des condensateurs de liaisons de trop fortes valeurs sous prétexte de « passer des basses » pour trois raisons :

**La première raison** est caractéristique du signal audio. Tout signal audio est constitué d'une série d'impulsions **asymétriques** qui peuvent être analysées de la façon suivante (figure 4).

Tout d'abord, une courbe enveloppe du signal (voir Led n°185) dont les temps de montée sont de l'ordre de 15 à 20 milli-secondes pour les plus rapides, une série de partiels dont le temps de montée est de l'ordre de 25 microsecondes pour les plus rapides (20 kHz) et **une composante de la valeur moyenne** du signal. Laquelle est appelée, à tort, composante continue, ce qui n'est valable

que pour un signal formé d'impulsions toujours positives ou négatives. Cette composante de la valeur moyenne du signal est assimilable à une très basse fréquence, surtout lorsque le signal est la représentation de la voix humaine, d'instruments à vent ou de cordes attaquées par un archet.

Si cette très basse fréquence était périodique, elle ne poserait aucun problème car, par principe même, sa propre valeur moyenne serait nulle. Hélas ! Elle va se situer dans une zone, soit toujours positive par rapport au 0 du signal, soit dans une zone toujours négative en fonction du signal qui lui a donné naissance.

Le condensateur de liaison C va réagir comme un honnête condensateur, c'est-à-dire qu'il va se charger à la valeur de cette valeur moyenne en plus ou en moins de sa valeur de charge au repos (figure 1). S'il s'agissait d'une tension continue, cela ne poserait aucun problème car, une fois la tension stabilisée, C se comporterait comme une contre-batterie d'une tension plus élevée que la tension de repos. C'est ce qui se passerait si on passait un signal rectangulaire toujours « positif » ou « négatif ».

Mais en audio, notre condensateur va avoir tendance à se charger ou à se

décharger à travers la résistance du circuit  $R_{\text{TOTALE}}$ , en fonction de la constante de temps  $\tau = C \times R_{\text{TOTALE}}$ .

Or, ce qui importe est la tension continue au point (B) de la figure 1 qui doit rester dans toute la mesure du possible à 0 V en permanence, afin de ne pas influencer sur la polarisation du tube T2.

La fréquence limite inférieure de 3 Hz a été choisie de façon à respecter, d'une part la phase du signal à 20 Hz et, d'autre part, à empêcher des fluctuations à très basse fréquence de la tension au point (B). Expérimentalement, en effet, on enregistre des fréquences de fluctuations de la valeur moyenne du signal de l'ordre de 0,1 Hz sur certains programmes musicaux, avec des amplitudes parfois très importantes.

Une variation aussi lente de la tension de polarisation de T2 ne peut être qu'une source de distorsions d'intermodulation importante absolument impossible à mettre en valeur avec des mesures traditionnelles utilisant des signaux périodiques sinusoïdaux ou rectangulaires, la tension au point (B) de la figure 1 restant constante, la valeur moyenne de ces signaux étant nulle, la valeur moyenne du signal audio n'étant **jamais nulle** et de très basse fréquence.

Il est donc nécessaire de ne pas laisser passer une fréquence aussi basse, ce que ne manquerait pas de faire un condensateur de très forte valeur.

**La deuxième raison** concerne directement la constante de temps du circuit  $R_{\text{TOTALE}} \times C$ .

Supposons qu'une forte impulsion positive soit générée par le tube T1 et que son amplitude soit telle que le tube T2 voit sa tension normalement négative de la grille par rapport à sa cathode atteindre une valeur proche de 0, sinon positive. À cet instant, un courant de grille prend naissance et va traverser la résistance  $R_{g2}$  (figure 1). Une tension **positive** va s'établir au point (B), le condensateur va se charger à la valeur de cette tension et ensuite se décharger à travers  $R_{\text{TOTALE}}$ , d'autant plus lente-

ment que la constante de temps  $R \times C$  sera longue.

Dans l'exemple que nous avons choisi, en supposant qu'une forte impulsion excède la polarisation du tube de, par exemple, 0,2 volt (ce qui est plus fréquent qu'on le pense), le courant de grille de notre 12AX7 va atteindre une valeur de l'ordre de 5  $\mu\text{A}$ , ce qui génèrera aux bornes de la résistance de fuite de 470 000  $\Omega$  une tension de :

$U_g = R_g \cdot I_g = 470\,000 \times 0,000005 = 2,35 \text{ V}$   
En ayant limité notre bande de fréquence à 3 Hz, la constante de temps pour 1  $\mu\text{F}$  et  $R_{\text{TOTALE}}$  : 526 750  $\Omega$  sera de :

$$\tau = 526\,750 \times 1,10^{-6} = 526 \text{ ms}$$

soit une demi-seconde, ce qui est déjà très long pour permettre à la tension de grille de se stabiliser à sa valeur originelle. Mais, supposons que nous ayons utilisé un condensateur de, par exemple, 5  $\mu\text{F}$  pour passer des soit disant « super basses » (on a vu pire !), la constante de temps atteindrait 2,63 secondes ! Inutile de vous décrire la bouillie sonore d'un tel étage amplificateur !

C'est pour cette raison que certains constructeurs préfèrent calculer  $C$  à une fréquence supérieure à 3 Hz au détriment de la rotation de phase à 20 Hz, mais assurant une sécurité accrue des tubes en cas de courant de grille. C'est aussi pour cette raison que les fabricants de tubes indiquent la valeur maximale de la résistance de fuite de grille, surtout pour les tubes de puissance qui ont toujours un faible courant de grille, **quelle que soit la tension négative.**

**La troisième raison** qui limite la capacité du condensateur de liaison, ce sont... les capacités parasites ! Eh oui, il semble étrange de parler de capacités parasites lorsqu'il s'agit d'un condensateur, et pourtant...

Qu'est-ce qu'un condensateur ? Quelle que soit la technique de fabrication, il présente deux armatures ou séries d'armatures isolées entre elles. On peut facilement imaginer ce qui se passe par rapport au châssis de l'appareil ou du plan de

masse, ce qui revient au même (figure 5). Plus la taille du condensateur est importante, plus la surface de ses armatures par rapport à la masse de l'appareil est importante et donc plus la **capacité parasite** est élevée. Or, qui dit « gros » condensateur, suppose condensateur de forte capacité.

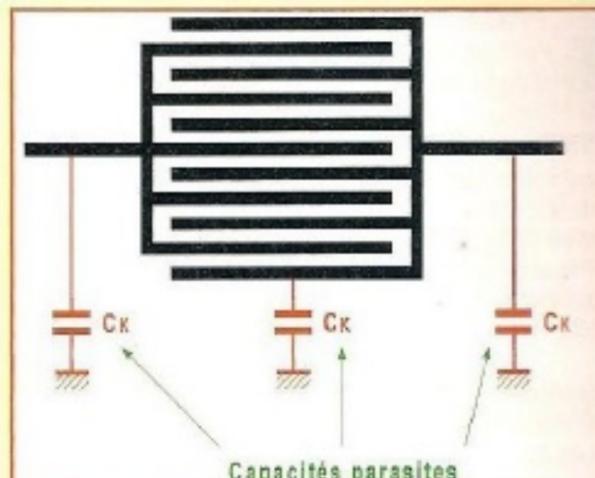
Avouez qu'il semble bizarre d'augmenter la capacité du condensateur de liaison pour obtenir des basses pour ensuite perdre des aigus !

Donc, pour vos montages, calculez les condensateurs de liaisons au plus juste (bande passante 3 Hz). N'oubliez pas que vous devez conserver cette même valeur de bande passante **pour tous les étages**. Choisissez les condensateurs de liaisons les plus petits possibles pour une tension et une capacité données. Entre nous, les pires sont les condensateurs au papier huilé dont la capacité parasite par rapport à la masse est la plus importante.

N'oubliez pas que la tension d'isolement des condensateurs de liaisons doit tenir compte de la valeur maximale de la haute tension. Dans notre exemple, lorsque le tube est froid, la tension au point (A) grimpe à 360 volts avant de se stabiliser à 170 volts lorsque le tube débite. Tenez compte aussi de la valeur de **crête** de la tension amplifiée par T1 qui **s'ajoute** à la tension du condensateur au repos.

## LE COURANT DE FUITE DU CONDENSATEUR DE LIAISON

En principe, les techniques de fabrication modernes des condensateurs non-polarisés, utilisés comme condensateurs de liaisons (polyester, polypropylène, mylard, etc.) ne « fuient » pas s'ils sont utilisés **en dessous** de leur valeur maximale de tension. Ce n'est pas le cas des anciens condensateurs au papier métallisé ou à feuilles d'étain qui étaient utilisés il y a une trentaine d'années et que l'on trouve dans pratiquement toutes les



**Figure 5 : Coupe schématique d'un condensateur théorique. Sur certains condensateurs « audiophiles » de forte capacité, la valeur cumulée des capacités parasites peut atteindre 100 pF !**

électroniques « vintage », y compris les plus célèbres d'entre elles.

Avec le temps, quelles que soient les techniques de traitement du papier et du corps du condensateur afin de le rendre étanche, des traces d'humidité apparaissent et rendent l'isolant papier... plus isolant du tout ! Ce qui est on ne peut plus fâcheux ! Le condensateur fuit...

C'est-à-dire qu'un courant continu va le traverser. Ce courant qui aura tendance à s'écouler à travers  $R_g$  va donc polariser la grille de T2 à une valeur positive non prévue par le concepteur !

Si vous restaurez un appareil ancien, mesurez la tension continue au point (B) de chaque tube. S'il s'agit d'un montage classique (sans polarisation négative de grille), cette tension doit être **rigoureusement de 0 V** au repos, sans signal, bien entendu. Si vous détectez au point (B) **une tension positive**, c'est que le condensateur « fuit ». N'hésitez pas à le changer pour un modèle de même valeur, mais de fabrication moderne. Celui-là ne fuira pas et votre appareil retrouvera toutes ses qualités.

Notre prochain article étudiera le problème du gain de l'étage amplificateur, de la résistance de charge réelle du tube qui doit tenir compte de  $R_L$  et  $R_{g2}$  montées en parallèle et de la transmission des fréquences élevées... Tout un programme !

**À bientôt**  
**Rinaldo Bassi**

Vds Crown. DC 300A, transfo sortie 9000 Ω + 2 EL34, Audax TU101; Otari 8 pistes DBX 150, transfos DL103, Thorens 166, Sels HG 2,2 mH, 3,6 mH, 3,3 mH, 1,8 H, tuner 460 L RT1200 T1000-2, Sels HT 15H, 12 H. Tépaz duo, Hiraga 2 x 30 W, SRPP Anzai. Recherche magnétophone pro 2 pistes ou mono, HP-Altec 416-515B-290-292, Fostex T925, Pavillons 805B. Tél. : 06 30 62 44 30 (ap. 20h00).

Rech. filtre Western Electric 2070A, platine Bourdureau, cellules monos Clements, moteurs Vitavox S2, copie Pultech PC10, platine Verdier, tweeters Western Electric 597A, préampli Audio Research SP8A. Vds Altec 806, tweeters JBL 2403, Altec 288B. Tél. : 03 22 43 11 46.

Vds récepteur BC342 TBE, émetteur-récepteur valise TRBP3A (1949) TBE. Tél. : 03 21 93 24 39.

Vds neuf radio Tivoli stéréo : 200 €. HP neufs pour mini Onken Focal 10C01 + Triangle T17FL + Technics 5HH10 + 2 Filtres : 650 €. Kit Euridia 2000 x 2 : 570 €. Tél. : 05 61 74 58 28.

Vds deux transfos de sortie Exacom, 65 W, 2000 Ω, P à P pour montage, Home cinéma Cochetoux. Prix à débattre. Matériel neuf. Tél. : 02 97 66 86 94.

Vds ampli Le Monstre 8W Classe A Jean Hiraga, grosse alim., 2 batteries 12 V/50 AH/420 A; rechargeable, super capa, 20 condos de filtrage, 1 journée d'écoute : 500 €. Tél. : 01 34 68 78 41.

Vds ampli 50 W Kaneda : 1500 €. 300B Legend série limitée, tubes Western Electric : 3000 €; platine TD124 + bras SME 3009, bon état : 1000 €. Tél. : 06 20 85 30 96.

Vds pavillon Le Dauphin, bois sablé, moteur 1 pouce Waarfedale, membrane titane : 1000 €; caisson Proarte avec Altec 416 8A + filtre 2 voies, 600 Hz, 12 dB : 1200 €. Tél. : 06 20 85 30 96.

Rech. supports Nuvistor, Magnoval, Loctal, Octal; transfos circuit en C HS pour tôles; condo chimique HT 200 V minimum ou échange tubes anciens. Tél. : 03 21 62 40 54 (répondeur).

Vds TD Beogram 1000, électrophone à tubes Thorens « Les Gémeaux » comportant TD Thorens TD184, collection Led n°1 à 30 et 33 à 48, tubes neufs 2 x RCA 6J7 : 20 €. 2 x RCA Jan 6SJ7 : 20 €. 2 x RT 12AT7WA : 20 €. 4 x ECC81 : 20 €. 4 x Philips Jan 6922 : 20 €. 1 x Chatham Jan 5R4 WGY : 15 €. 1 x Western Electric 310A : 90 €. 4 x supports châssis avec blindage : 15 € (les 14 tubes groupés : 180 €). Transfo alim. neuf ACEA 2 x 260 V 70 mA avec prises à 2 x 165 V + 2 x 9 V 1,5 A : 70 €. Tél. : 02 41 20 02 39, herve.bois@wanadoo.fr

Rech. personne pour aide ou site Internet suite au problème que je rencontre avec le kit 7189/EL84M (Led N°175). Résistances 10 kΩ brûlent et tubes rougissent. Daniel Wellele, 2 avenue Arthur Rimbaud, appt. 109 - 62219 Longuenesse.

Vds nombreux tubes audio et guitare 5842 - 807-1626 - EL504 - EL84 - EL86 - ECF802, etc. Vds ampli 300B. Tél. 05 59 39 60 23.

Vds DBX 120XP : 200 €, CD Marantz CD80 : 100 €, Celestion Ditton 220X : 100 €, CD Quad 66 : 300 €, ampli tuner Tandberg TR2025L : 50 €, 1 HP Supravox 15 Ω/T215 HF64 : 200 €, platine Thorens TD184 : 60 €. Tél. : 01 64 38 21 49.

Ch. cel. Link K18 + tubes 5930 - 7C5 - 5871 - 5992 - 7408 - ECC33 - 1621 - 5691 - 5692 - 5693 - 5965A - 5996A - 7730 - 8080 - 6520 - 5651A - 6 DS - 6829. Faire offres raisonnables SVP. Tél. : 03 86 97 90 71.

Ach. enceintes Tannoy Mercury M1 si TBE. Faire proposition. Tél. : 01 49 60 03 87 (après 18h00).

Vds préampli lampes ARS C18 composants audiophiles (papier huilé, mica argenté, câble téflon huilé, etc.), 20 kg en deux coffrets (RIAA inclus) : 1800 €; tuner Essart Jason à réviser : 120 €; 1 HP grave Infinity o30 cône graphite beta twelve : 120 €; 2 enceintes Spiteri Orthophase 2 x 8 cellules pour pièces : 200 €; 20 condos chimiques BC330 µF/385 V : 60 €; 4 condos Frako 440 µF/510 V : 30 €;

100 m câble Gotham Audio Sym et Asym, valeur : 200 €, vendu : 70 €. Tél. : 02 31 80 91 08.

Vds 2 oscillos Tektronix avec schémas techniques type 547 - 2 x 50 MHz avec tiroir 1A1 + type 536 spécial Lissajou avec tiroirs L-R-D-D + chariot support et appareillage de prises de photos. Générateur AM/FM Métrix type GX303A avec schémas. Générateur HF Métrix GS3E de 500 kHz à 40 MHz avec schémas. Capacimètre, ohmmètre et selfs Genrad. Tél. 03 85 68 11 17 (Bourgogne).

Vds filtres soustractifs actifs kit Selectronic montés FC 400 Hz - 2,5 kHz, 3 voies sans coffret ni transfo, stéréo les 2 : 110 €; prix neuf : 224 €. Documentation jointe. Tél. 03 26 97 77 03.

Ach. préampli passif Maison de l'audiophile, module phono Maison de l'audiophile, filtre passif MDA 2 ou 3 voies, transfo MC MDA pour DL103. Vds cellule Ortofon SPU Gold, transfo MC Ortofon T30, Klipsch Heresy. Tél. : 03 22 43 11 46.

Vds ampli Bryston 3B (souffle sur un canal) : 500 €. Tél. : 04 76 93 42 66 (WE).

Vds divers tubes à vide 6V6GT - EL41 - GZ41 - 6AQ5. Séries miniatures 1T4, 1S5, etc. ECLL 800, 816. Tél. : 03 81 52 66 65.

Vds lampemètre Metrix 310CTR TBE : 380 €; générateur BF Heatkit AG94 à tubes : 50 €; paire de tubes neufs KT86 GEC : 100 €; paire de tubes neufs KT77 rares : 120 €; 4 condos papier huilé 2 µF/600 à 1500 V et 2 condos papier huilé 1 µF, le lot : 45 €. Tél. 03 88 62 26 30 (après 19h00).

Vds deux blocs mono 300B, transfos Magnetic et ACEA + WBT, châssis alu; tubes neufs ECC83, Telefunken 6C19, oscillo 2 x 50 MHz Tektronix. Tél. : 06 79 28 74 45.

Vds ampli intégré classe audio CAP 80 : 1100 €; 6 entrées dont une symétrique sur XLR, 1 sortie ligne. Ampli intégré Marantz PM78 : 350 €, 2 x 25 W en classe A ou 2 x 80 W en classe AB, télécommande. Préampli Audioanalyse C600 : 150 €. Tuner NAD 4150 : 70 €. Tuner Scott 105b : 40 €.

Lecteur CD Marantz CD85 : 110 €, sorties analogiques + numériques et optiques. Tél. : 06 09 64 60 08 (Laval - 53).

Vds platine ERA 444 : 50 €; bloc source ERA 1970 (sans la cellule) : 45 €; platine Thorens TD125 : 160 €; 5 tubes EF86 neufs de marque Brimar : 40 €; tuner à tubes Esart 1962 : 50 €. Tél. : 04 76 27 18 75.

Vds ampli 8 W Le Monstre : 330 € + 2 tubes 845 neufs et 2 embases : 120 €. Tél. : 06 07 39 29 24.

Vds générateur HP650A (10 Hz à 10 MHz), en parfait état : 90 €; des éléments d'un combiné de laboratoire radio contrôle, modèle Champion expert précision pour collectionneur à la recherche de pièces : 15 €. N'hésitez pas à me demander des renseignements sur ces appareils. Envoi de photos possible. Tél. : 03 21 35 30 52 ou 06 84 75 23 61.

Vds 53 lampes-radio + châssis + livres et revues radio-TV + radios à transistors + petit stock de bricoleur-radio + phono + meuble radio « téléfunk » 1950 + plan format A2 de TV & TVC + 82 disques 45 T. Demander listes et photos sur jpb.nantes@wanadoo.fr. Tél. : 02 40 68 97 17.

Rech. plans de câblage pour Schneider Samba, Reela Rythma, Grandin 160 et 169, Ducastel Vogue, Ducretet, Thomson LP472. Tél. : 01 48 52 38 92.

Vds 4 enceintes Kaf Cadenza : 200 €; Thorens 160 : 110 €; Thorens 166 MKII : 90 €. Tél. : 02 99 92 49 57 le soir (dept. 35).

Vds transfos HT 2 x 350 V + 2 x 6, 3 V : 20 €; toriques 2 x 30 V/300 VA : 31 €; tubes NOS NIB en boîtes d'origine 6080 W JAN, 829B RCA JAN : 25 €; Altec 299-8A : 980 € la paire; préampli étalon primo XLR : 880 €; Cayin 530 PP KT88 50W, 36 kg : 1600 €; Jolida JB100 : 1050 €; Pavillon Altec MR524 : 320 €; moteurs Altec, tubes NOS NIB 6080 : 11 €. Tél. : 06 64 17 01 72.

Ch. multimètre à aiguille Centrad 819, vieux bloc mono à tubes années 60-70. Tél. : 04 73 26 45 08.

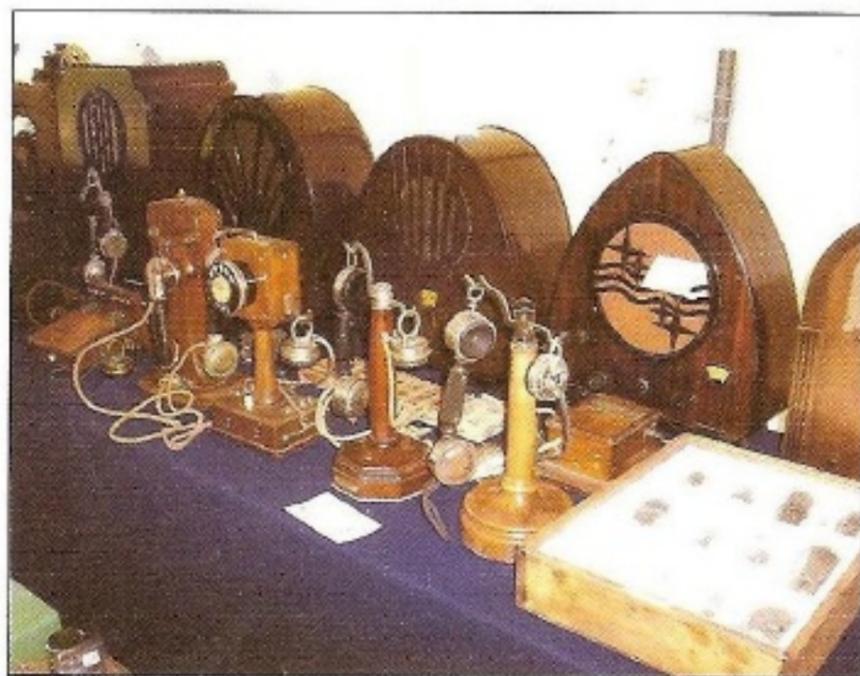
## BOURSE RADIO TSF À ORSAY (91) LE 9 OCTOBRE 2005 DE 9H00 À 17H00

Brocante pièces détachées avec le club Radiofil  
Plus de 100 tables d'exposition

Espace Jacques Tati - Centre ville - À 200 m de la Poste  
Métro Orsay Ville - Ligne RER St Rémy-les-Chevreuse

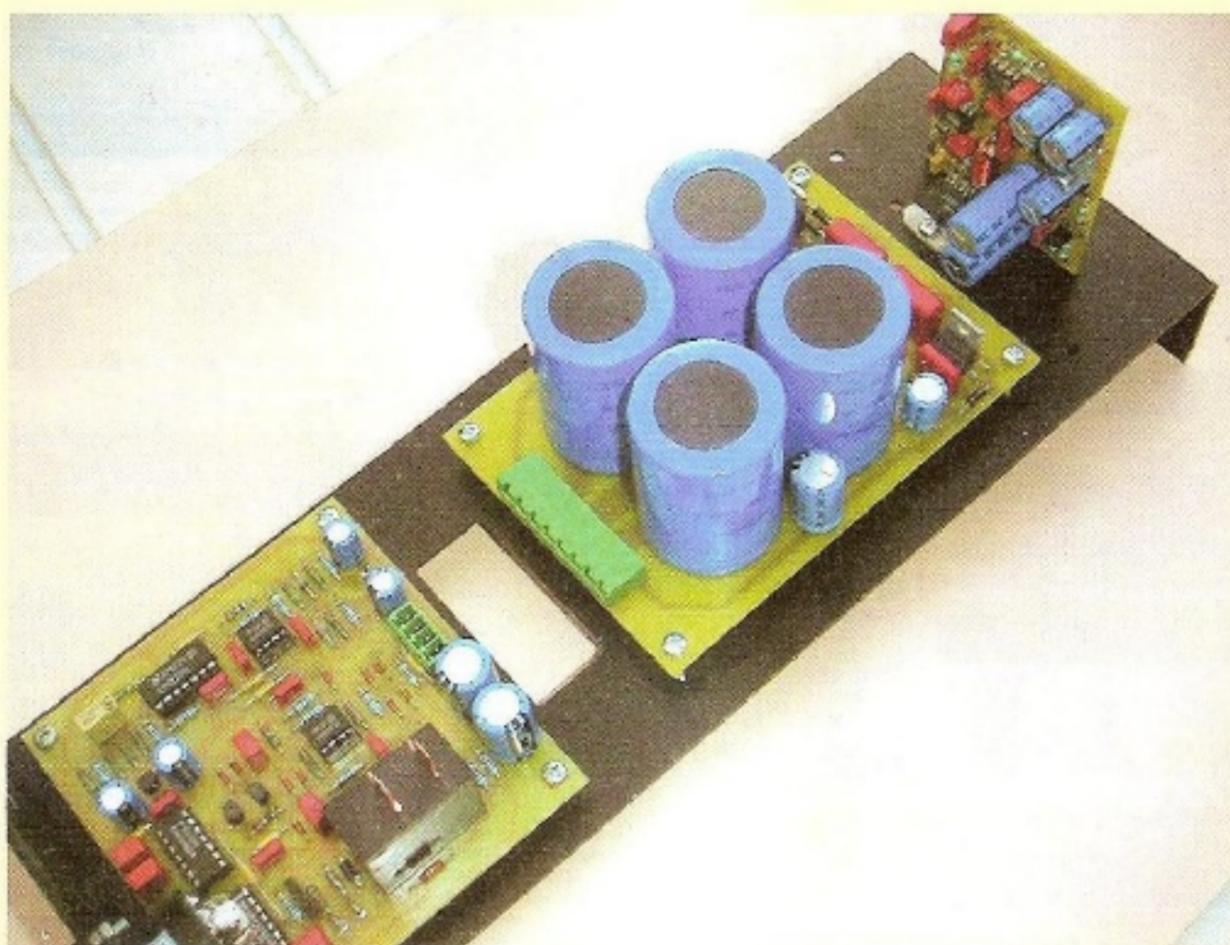
Manifestation couplée au Salon des antiquités et curiosités scientifiques, organisée avec le concours de la municipalité d'Orsay, dans le cadre de la Semaine des sciences

Entrée gratuite - Parking - Itinéraire fléché  
**Venez nombreux**



## AMPLIFICATEUR GK FIVE

### MODULE AMPLIFICATEUR DE 50 W<sub>eff</sub> AVEC LM3886 DE N.S.



L'ensemble d'amplification audio GK FIVE décrit dans Led n°s 181 à 184 a suscité un réel intérêt auprès de nos lecteurs. Certains d'entre vous n'ont toutefois pas pu franchir le pas en raison de l'investissement financier qui n'était pas à leur portée. C'est pourquoi, nous vous présentons ici une alternative intéressante qui permet de réduire sensiblement la facture finale en réalisant des économies sur le poste des modules amplificateurs.

**D**ès la présentation, nous l'avons annoncé, il n'y a pas de miracle. Pour atteindre la qualité du GK FIVE, il fallait prévoir un budget relativement important. Les composants performants et fiables coûtent malheureusement cher. Comparé à des réalisations proposées sur le marché de la haute fidélité, le GK FIVE représente un rapport qualité-prix incomparable et exceptionnel.

Nous sommes conscients que tous les amateurs d'audio n'ont pas toujours les moyens pour assouvir leur passion, c'est pourquoi, afin de ne pas décevoir les amateurs financièrement limités, nous détaillons dans le présent article une alternative intéressante qui permet de réduire sensiblement la facture finale en économisant sur le poste des modules amplificateurs.

Attention, soyons clairs, cette solution ne

permettra pas d'atteindre la haute qualité et les performances de l'étude initiale du GK FIVE équipée des modules LC Audio. Mais, à moindre coût, elle assurera sans complexe un excellent compromis du rapport qualité/prix.

Le problème étant identifié, il ne reste plus qu'à explorer les possibilités offertes sur le marché.

Rappelons-nous que pour cette réalisation, nous sommes tributaires d'un encombrement relativement réduit pour insérer des circuits amplificateurs puissants. Les modules produits par LC-Audio sont remarquablement compacts pour une puissance efficace de 120 W. L'utilisation de nombreux composants de surface a permis cette prouesse technique.

Pour les raisons évoquées précédemment, nous nous sommes dirigés d'emblée vers les circuits intégrés audio de puissance de technologie MOS et bipolaire. Nos recherches ont abouti finalement sur le circuit intégré LM 3886 de National Semiconductor Corporation.

Sans a priori, nous avons constaté que notre choix s'est dirigé une nouvelle fois vers la technologie bipolaire que nous trouvons plus dynamique que la MOS, surtout dans le grave. A notre avis, ce composant représente actuellement le meilleur compromis qualité/prix/performance dans le domaine des circuits intégrés audio de puissance.

Jugez vous-même : pour moins de 10 €, le LM 3886T est capable de délivrer une puissance efficace de 60 W dans une charge de 4 Ω et de 50 W dans 8 Ω. De surcroît, il présente des qualités audio incontestables, cela pour une bande passante très étendue.

Souvenez-vous de l'amplificateur de 250 W/8 Ω paru dans Led n°s 168 et 169. Irréprochable tant sur les performances que sur le coût.

#### LE LM 3886

Le LM3886 maintient un excellent rapport signal/bruit de 92 dB avec un seuil

# LE LM 3886 : 50 W/8Ω POUR 10 €

typique de bruit de seulement 2  $\mu$ V. Les spécifications N.S. font apparaître une distorsion harmonique totale de 0,03 % sur tout le spectre audio avec une excellente linéarité pour un taux de distorsion d'intermodulation typique de 0,004%. Le schéma interne simplifié est représenté à la figure 1.

Les protections ont été soigneusement conçues pour se parer contre les courts-circuits en sortie et les surtensions générées par les charges inductives.

Les protections thermiques appelées SPIKE, ont fait l'objet de brevets.

La figure 2 donne une idée de la conception du principe de protection.

Une intéressante commande de fonction silence (mute) est aussi disponible afin de temporiser la présence du signal audio en sortie.

Le faible encombrement est remarquable. Le LM3886 tient dans un boîtier type TA11B (un gros TO220 de 20 mm x 18 mm).

Après cette énumération technique, nous sommes certains que nous avons affaire à un composant fiable et performant.

L'intérêt majeur d'un circuit intégré réside dans le fait que les liaisons intercomposants sont réduites au plus court dans les limites dimensionnelles de la puce pour la plupart des éléments qui composent le circuit.

Depuis très longtemps, les audiophiles tentent de réduire au minimum les liaisons entre les composants : pistes du circuit imprimé, longueur des fils de câblage, utilisation de composants miniatures CMS etc.

C'est le cas du module LC Audio qui prend en compte tous ces critères.

Pour être objectif, l'intégration des puces apporte beaucoup d'avantages mais il subsiste toujours quelques inconvénients intrinsèques à la technologie du process de fabrication employé.

Rien n'est parfait en ce monde !

Ce circuit a déjà fait l'objet d'articles (Led n° 165, 168 et 169). Nous vous proposons ici une série d'améliorations sensibles et plusieurs possibilités d'utilisations en

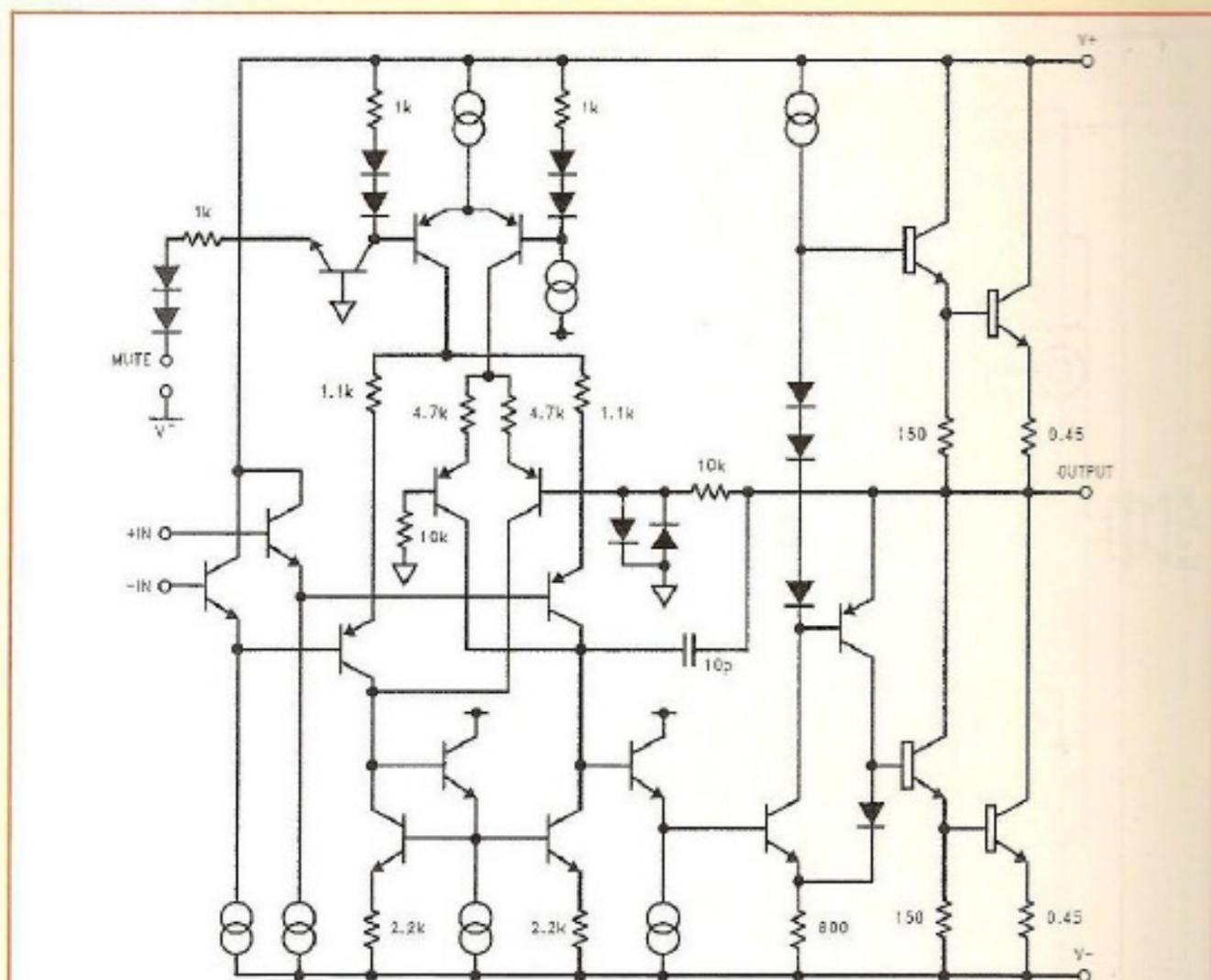


Figure 1 : Structure interne du LM 3886

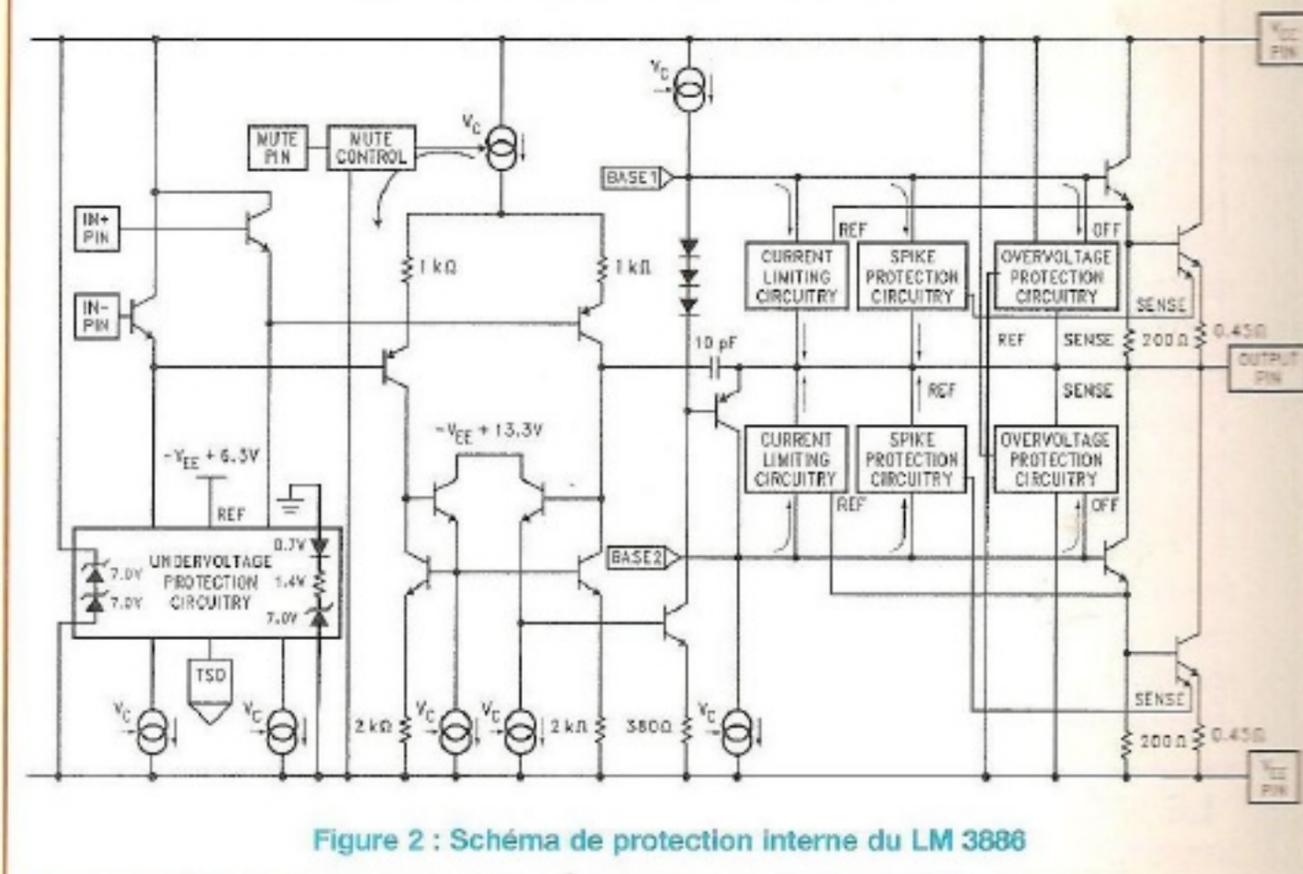


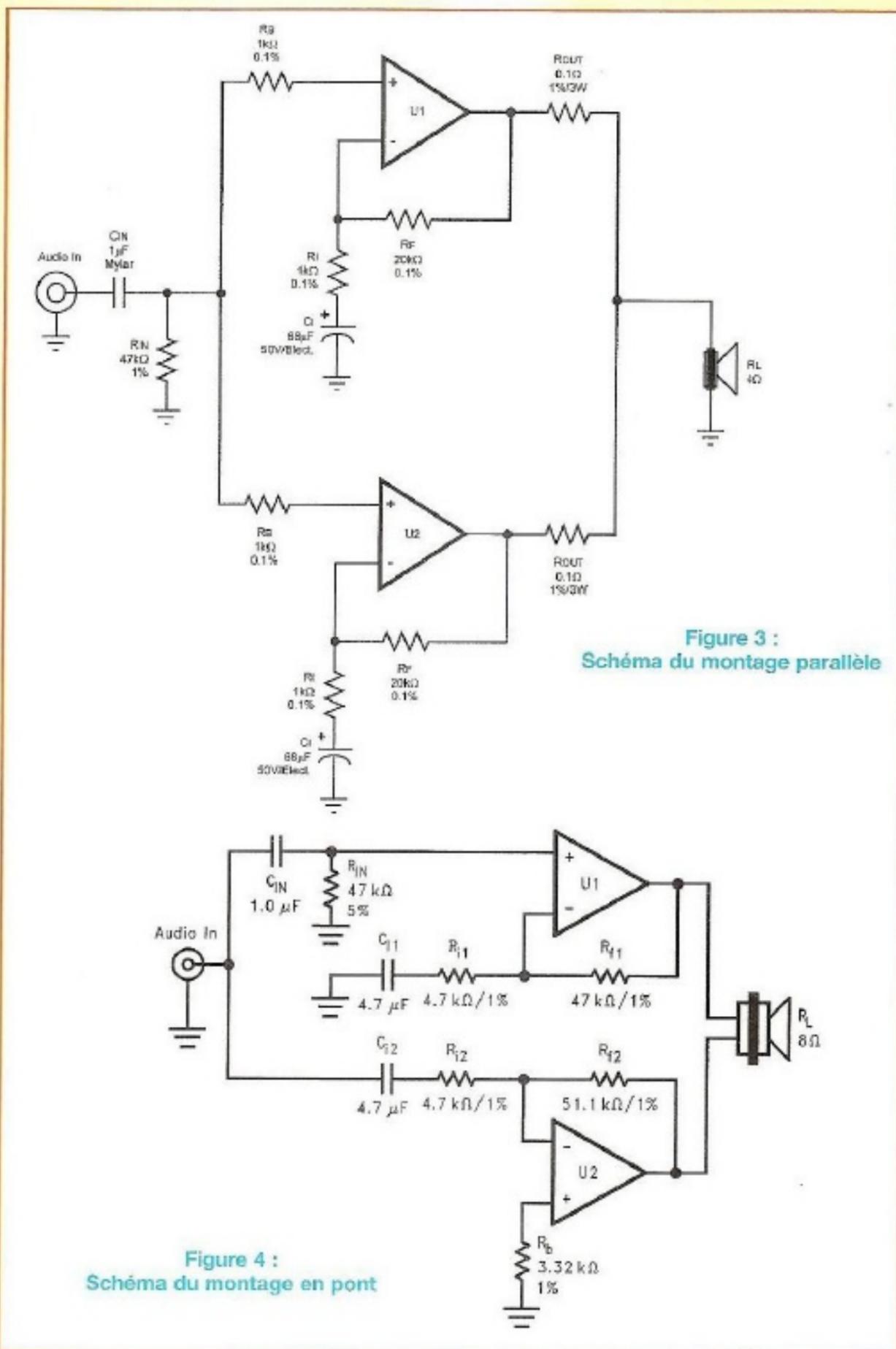
Figure 2 : Schéma de protection interne du LM 3886

fonction des puissances désirées.

**Afin de demeurer dans l'esprit du GK-FIVE, les modules seront équipés d'une entrée symétrique.**

Ces nouveaux modules seront aussi exploitables dans d'autres conditions et pour d'autres montages audio que chacun adaptera selon ses besoins.

# AMPLIFICATEUR À ENTRÉE SYMÉTRIQUE



rentes possibilités. Outre la version simple circuit, pour nos applications, nous nous contenterons des trois méthodes les plus usitées. Les configurations sont : le montage parallèle, l'assemblage en pont et le pont-parallèle. Les principes d'amplification sont simples et la mise en œuvre ne réclame que peu de composants externes grâce aux circuits LM3886T. De surcroît, chaque LM3886 possédant son propre circuit de protection très élaboré, les montages sont donc sécurisés, fiables et faciles à mettre en œuvre.

## LE MONTAGE PARALLÈLE

Cet assemblage est représenté à la **figure 3**. La configuration parallèle est une solution qui permet d'obtenir une puissance de sortie plus importante en reliant deux circuits amplificateurs par leurs sorties. On double ainsi la capacité en courant pour alimenter des charges de faible impédance, par exemple  $4 \Omega$ , voire moins.

La topologie parallèle est une bonne manière de répartir sur chaque circuit la dissipation thermique produite par ces composants de puissance.

Autre avantage intéressant, on peut assembler en parallèle plus de deux modules. Ceci permet d'obtenir des amplificateurs de forte puissance avec une répartition des dissipations égale sur chaque module d'amplification. Par exemple, deux circuits LM3886 montés en parallèle fourniront une puissance de  $100 \text{ W}$  à une charge inférieure à  $8 \Omega$ . Si on utilise quatre circuits intégrés LM3886, le montage sera capable d'alimenter une charge de  $1 \Omega$ .

## LE MONTAGE EN PONT

Le montage en pont (**figure 4**) est une autre configuration pour obtenir une puissance efficace élevée. Il nécessite une alimentation quatre fois plus puissante que dans le cas d'un montage conventionnel simple étage de sortie. Le montage en pont est particulièrement adapté pour alimenter une charge de  $8 \Omega$ .

## LE MODULE

Un amplificateur monophonique d'une puissance de sortie de  $60 \text{ W}$  avec une charge de  $4 \Omega$  ou  $50 \text{ W}$  à travers une charge de  $8 \Omega$  peut être câblé en parallèle pour obtenir plus de puissance avec une

charge de  $4 \Omega$ . L'entrée du signal audio peut être symétrique ou asymétrique.

## RAPPELS SUR L'AMPLIFICATION

Pour obtenir des puissances de sortie de  $40$  à  $120 \text{ W}$ , voire davantage, il y a diffé-

# LE LM 3886 : 50 W/8Ω POUR 10 €

## LE MONTAGE PONT/PARALLÈLE

La combinaison pont/parallèle (figure 5) permet d'assurer une puissance importante, tout en maintenant des niveaux de dissipation raisonnables sur chaque circuit intégré. Le groupe de circuits assemblés en pont double la valeur maximale de la tension de sortie et multiplie la puissance de sortie qui est répartie symétriquement à travers les quatre C.I. de puissance câblés en parallèle. Grâce à cette technique, on peut espérer atteindre des puissances de plusieurs centaines de watts, tout en conservant une fiabilité accrue des composants. N'oublions pas de préciser que les alimentations devront être dimensionnées en conséquence.

## PRESENTATION DE NOTRE AMPLIFICATEUR

La figure 6 représente le schéma complet du module amplificateur que nous vous proposons. Il est monophonique et à entrée symétrique du signal audio. Le montage se voit doté d'un circuit « servo » qui contrôle et régule la tension continue d'offset de sortie afin de la maintenir au plus près du 0 volt. Le schéma est remarquable de simplicité, grâce à l'intégration optimale du C.I. LM3886.

## POURQUOI UNE ENTRÉE SYMÉTRIQUE?

L'atmosphère terrestre est truffée d'interférences électromagnétiques communément appelées « pollutions » ou « parasites électromagnétiques ».

Par exemple, un relais ou un interrupteur qui commute une tension pour alimenter un appareil électrique produit des parasites non négligeables qui sont véhiculés par les lignes électriques domestiques. Des moyens pour éviter ou atténuer ces inductions électromagnétiques néfastes au signal audio sont possibles et se déclinent en deux modes.

### Le mode asymétrique

Ce mode est toujours le plus utilisé, sur-

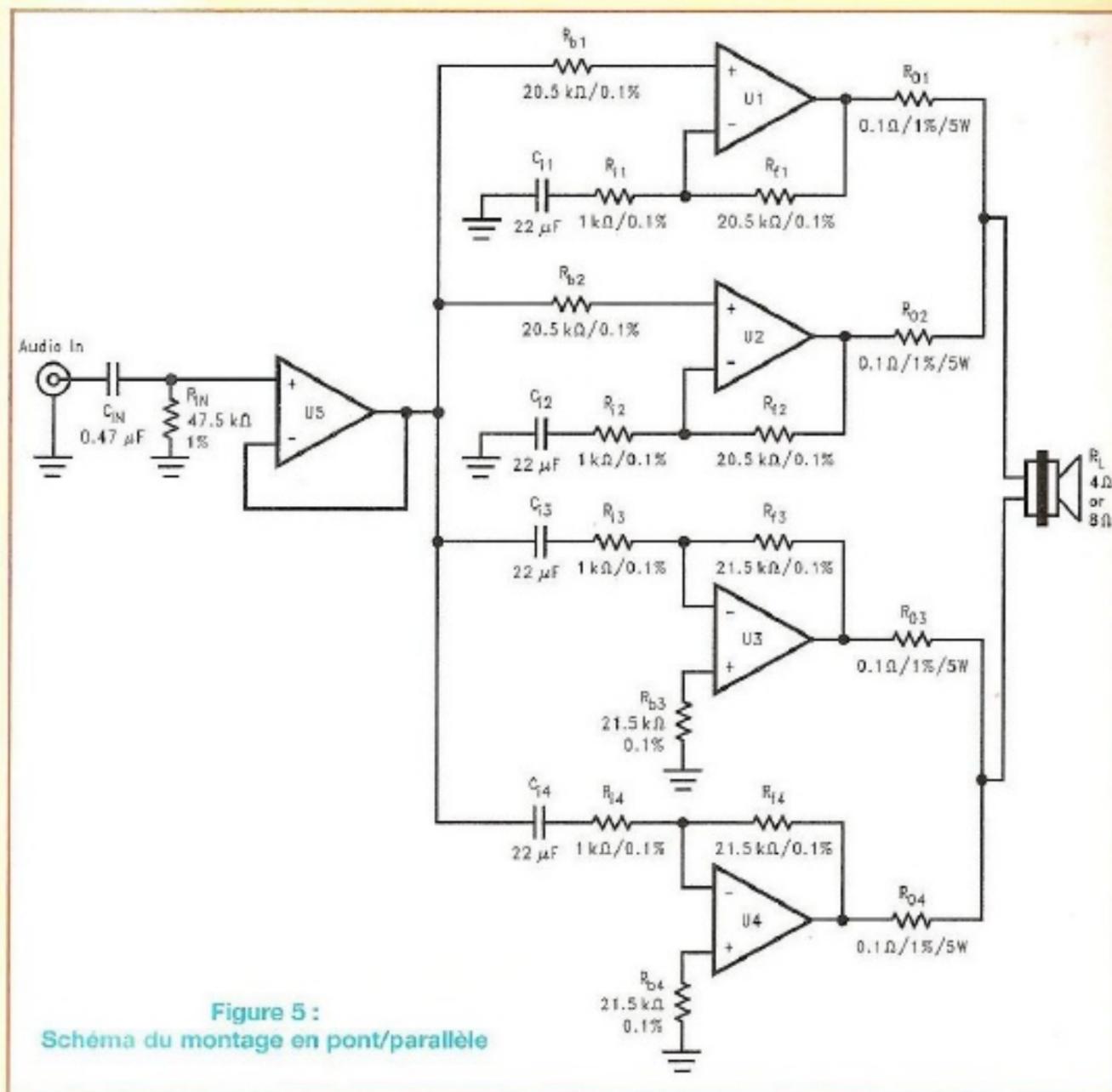


Figure 5 : Schéma du montage en pont/parallèle

tout dans le domaine grand public. Il comporte l'avantage d'être bon marché, mais présente l'inconvénient d'être sensible aux inductions électromagnétiques avec des câbles trop longs ou mal blindés. C'est pourquoi il faut se limiter à une longueur de câble blindé (âme + tresse) ne dépassant pas trois mètres pour les meilleurs câbles blindés.

Les connecteurs les plus utilisés pour ces liaisons sont les connecteurs RCA (cinch) ou jack.

### Le mode symétrique

C'est le mode préféré et utilisé par les professionnels de l'audio. Son coût est sensiblement supérieur à celui du mode asymétrique et nécessite des composants passifs de haute qualité (transformateur/adaptateur audio symétrique) ou des éléments actifs à base d'amplifica-

teurs opérationnels ou spécifiques. L'avantage est évident car sa grande insensibilité aux inductions électromagnétiques assure le transport du signal audio par des câbles de grandes longueurs, même pour un signal « faible » comme celui généré par un microphone de type dynamique (2 à 5 mV sous 600 Ω).

Les liaisons symétriques se caractérisent par un point chaud dit « + », un point froid dit « - » et une tresse de masse enveloppant les conducteurs. Les connecteurs symétriques sont les prises XLR à trois broches.

**Commençons la description.** Le signal audio symétrique est connecté aux bornes J1-J2. Le 0 volt du signal est disponible à la borne J11.

Via les résistances R1 et R2 de 49,9 Ω qui protègent les entrées, ce signal

# AMPLIFICATEUR À ENTRÉE SYMÉTRIQUE

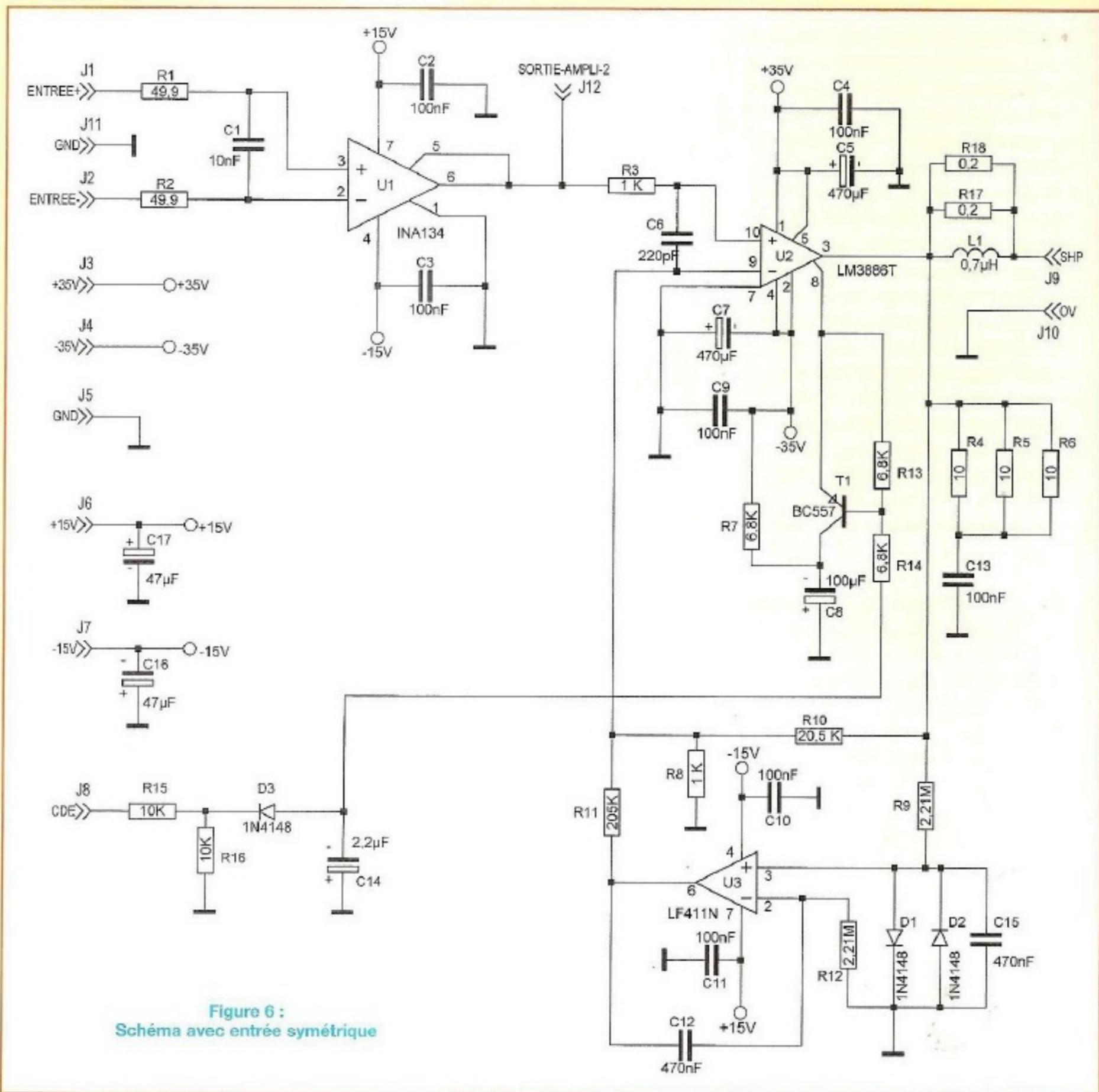


Figure 6 :  
Schéma avec entrée symétrique

arrive sur les pattes (3) et (2) du circuit U1- INA134. La capacité C1/10 nF réduit la bande-passante du circuit d'entrée (0 dB = 30 kHz) pour s'affranchir de tout risque d'oscillation. Le circuit intégré U1 a été conçu spécialement pour assurer la fonction de récepteur de signal audio symétrique. Il s'agit

du INA134 de Burr-Brown. On trouve l'équivalent chez Analog Devices sous la référence SSM2141. Nous avons choisi ce type de circuit spécialisé car il est au demeurant très performant, ne nécessite que peu de composants externes, est disponible et bon marché (< 3€). Ce circuit sert aussi de driver basse

impédance pour délivrer un signal audio propre (U1 - 6) vers l'étage d'entrée de l'ampli, avec un gain unitaire. Le courant de sortie peut atteindre 50 mA. La borne J12 sera utilisée éventuellement pour raccorder le signal audio aux autres modules amplificateurs, que ce soit pour le montage parallèle ou celui en pont.

Les condensateurs C2 et C3/100nF filtrent l'alimentation  $\pm 15V$ , déjà efficacement filtrée par C16 - C17/47  $\mu F$  présents aux bornes J6 et J7.

La figure 7 représente le schéma interne simplifié du INA134.

Le signal audio arrive ensuite sur U2-10 via R3-1k $\Omega$  qui protège l'entrée. Le condensateur C6/220pF limite la bande-passante du circuit et protège aussi des interférences électromagnétiques.

Les résistances R10/20,5 k $\Omega$  et R8/1 k $\Omega$  fixent le gain de l'amplificateur selon la formule :  $R_{10}/R_8 = 20$ .

En sortie U2-3, le signal amplifié alimente la charge. On trouve, en sortie, le filtre de Boucherot C13/100 nF en série avec R4, R5 et R6/10  $\Omega$  qui a pour rôle de diminuer l'impédance du haut-parleur aux fréquences élevées pour lesquelles elle a tendance à augmenter. Ces trois résistances de 0,5 W en parallèle nous donnent l'équivalent d'une 3,3  $\Omega$ /1,5 W, plus facile à implanter sur le circuit imprimé qu'une résistance de 1 ou 2 W. On trouve aussi une self L1/0,7  $\mu H$  qui protège des éventuelles interférences générées par des charges fortement capacitives.

Deux résistances de puissance apparaissent en sortie, R17 et R18 de 0,2  $\Omega$ . Elles ne seront montées que si on envisage le montage en pont ou en parallèle.

Ces deux résistances sont câblées en parallèle pour obtenir l'équivalent d'une valeur de 0,1  $\Omega$ .

Elles sont nécessaires si l'on assemble deux modules amplificateurs (ou plus). Le rôle de ces résistances « d'équilibrage » est d'éviter l'interaction des différentes tensions d'offset en sorties des amplificateurs.

Les alimentations de puissance appliquées aux bornes (1) et (5) pour le +35 V et (2) et (4) pour le -35 V sont filtrées efficacement par les condensateurs chimiques C5, C7/470  $\mu F$  et C4, C9/100 nF qui fournissent une bonne réserve d'énergie pour consolider les transitoires. Un système de silencieux est prévu (pin 8) pour retarder l'application du signal

audio à la sortie lors de la mise sous tension. Ce circuit entre en service à l'allumage de l'amplificateur, lorsque la tension d'alimentation apparaît brutalement. En revanche, à la coupure, les condensateurs de filtrage des alimentations de puissance continuent un certain temps d'alimenter l'amplificateur.

Les tensions transitoires venant des circuits placés en amont risquent de passer dans l'amplificateur de puissance.

Il est donc intéressant et prudent d'isoler rapidement la sortie.

Initialement, N.S. a prévu cette fonction avec la charge d'un condensateur polarisé, relié au 0 V par l'armature (+), à travers une résistance reliée au -35 V, R7/6,8 k $\Omega$ .

Sur le site personnel de « aurelien », nous avons trouvé une astuce très simple (mais il fallait y penser !) pour améliorer la fonction de « silencieux » afin d'isoler la sortie dès la coupure du secteur.

Cette fonction est assumée par l'ensemble des composants T1/BC557, R13 et R14/6,8 k $\Omega$ , C14/2,2  $\mu F$ , D3/1N4148, R15 et R16/10 k $\Omega$ . Le transistor T1-PNP sert d'interrupteur et sa base est alimentée par un réseau redresseur prenant sa tension directement au secondaire du transformateur d'alimentation. Le redressement mono alternance par D3 produit une tension négative filtrée par C14, avec une faible constante de temps.

Le pont de résistances R13 et R14 alimente la base de T1. Dès que la tension d'alimentation est établie, T1 commute et C8/100  $\mu F$  se charge progressivement et temporise l'arrivée du courant dans la pin (8) de U2.

A la coupure secteur, le circuit de commande, dont la constante de temps est plus petite que celle des condensateurs de l'alimentation de puissance, ne fournit plus le courant nécessaire à la base de T1. De ce fait, le courant collecteur se coupe et l'amplificateur bascule immédiatement en mode « silencieux ».

Le signal audio n'est plus transmis vers la sortie.

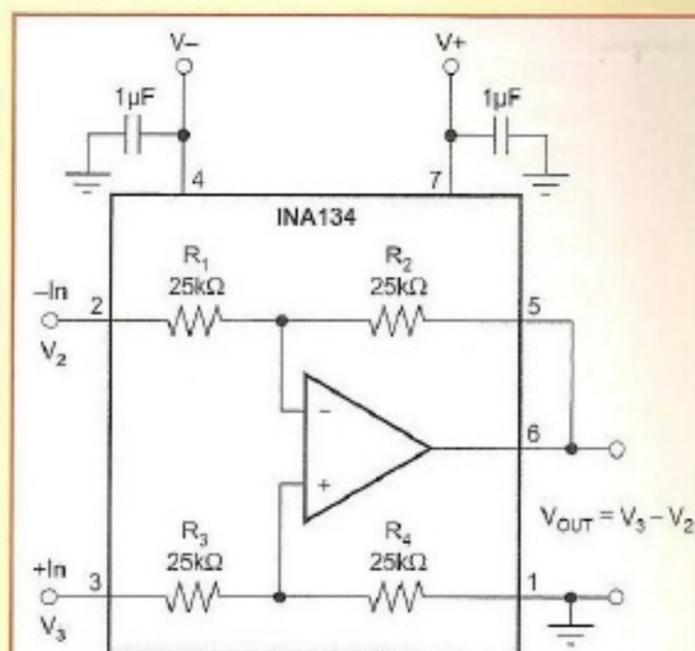


Figure 7 : Schéma interne du circuit INA 134

## LE CIRCUIT SERVO

Dans la plupart des montages audio, les tensions d'offset en sortie sont compensées ou éliminées en utilisant des condensateurs de couplage en entrée et en sortie, ainsi que de découplage dans les réseaux de contre-réaction. Les amplificateurs alimentés en mono tension sont de ce type. Ils utilisent des condensateurs de fortes valeurs afin de ne pas réduire la bande passante. En revanche, les charges de 4 ou 8  $\Omega$ , en combinaison avec les condensateurs, créent un véritable filtre passe-haut, inhibant ainsi des fréquences audibles.

Ces composants prennent de la place et, de surcroît, sont néfastes pour la qualité du signal. Reportez-vous à la figure 5 où l'on trouve les condensateurs de découplage : Ci1, Ci2, Ci3 et Ci4. Avec un circuit de contrôle (servo), on peut éliminer avantageusement ces capacités.

Le circuit du servo est tout simplement un ampli opérationnel performant câblé en filtre structure « passe-bas » d'ordre 2 (très basse fréquence). Il intègre les changements des tensions continues d'offset en sortie de l'amplificateur de puissance et les réinjecte en contre-réaction sur l'entrée inverseuse (-) du circuit LM3886.

Dans le cas d'un assemblage de deux ou plusieurs modules amplificateurs en

# AMPLIFICATEUR À ENTRÉE SYMÉTRIQUE

parallèle ou en pont, il est nécessaire de contrôler chaque sortie par ce circuit servo pour maîtriser les courants entre toutes les sorties.

Comme expliqué précédemment, en l'absence de sortie compensée, une tension d'offset génère un courant à travers les circuits, augmentant significativement la production de chaleur des composants actifs de puissance.

Si les résistances du servo sont calculées avec précision, on est garanti de l'efficacité du système.

Si on désire modifier le gain de l'amplificateur en recalculant le réseau formé par R8 et R10, les valeurs des résistances R9, R11 et R12 seront aussi à recalculer. La résistance R11 devra avoir une valeur d'au moins dix fois celle de R10.

## LE CIRCUIT IMPRIME

Le tracé du circuit imprimé est représenté à la **figure 8** pour le côté soudures et à la **figure 9** pour la face composants.

Compte tenu du peu de pistes côté composants, il n'est pas nécessaire d'avoir recours aux trous métallisés.

C'est plus économique et surtout plus facile à reproduire pour les amateurs. Les dimensions sont de 55,90 x 66,1 mm. Malgré ces faibles dimensions, il recevra tous les composants.

Les perçages seront de 0,8 à 1 mm de diamètre pour la plupart des composants. Ils seront de 1,2 mm pour les pastilles du LM3886 et celles qui recevront les fils de câblage.

## LE PLAN DE CÂBLAGE

Il ne présente pas de difficulté majeure. La **figure 10** indique le positionnement de tous les éléments du montage. **Comme nous avons quelques pistes en double face, certaines queues de composants assureront les liaisons électriques nécessaires entre les deux faces.**

En revanche, il est impératif de respecter un certain ordre de câblage des composants pour ne pas oublier les soudages côté composants.

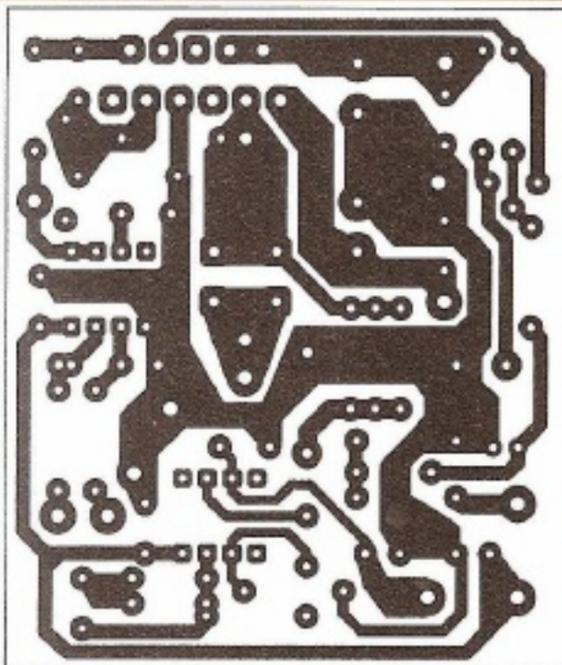


Figure 8

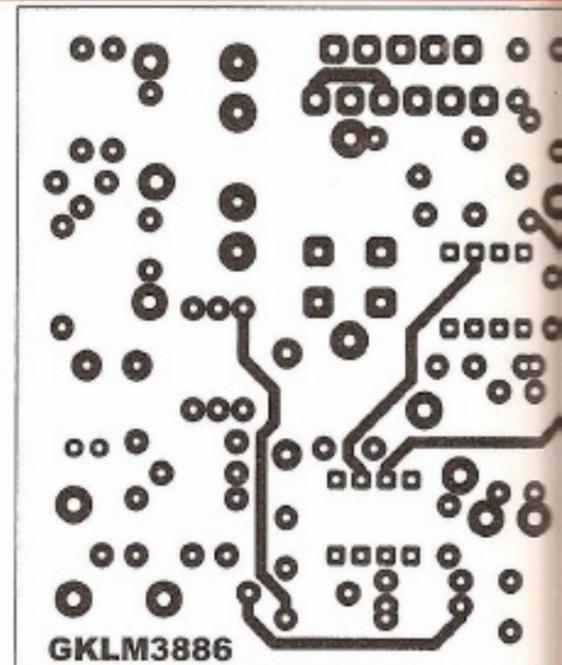
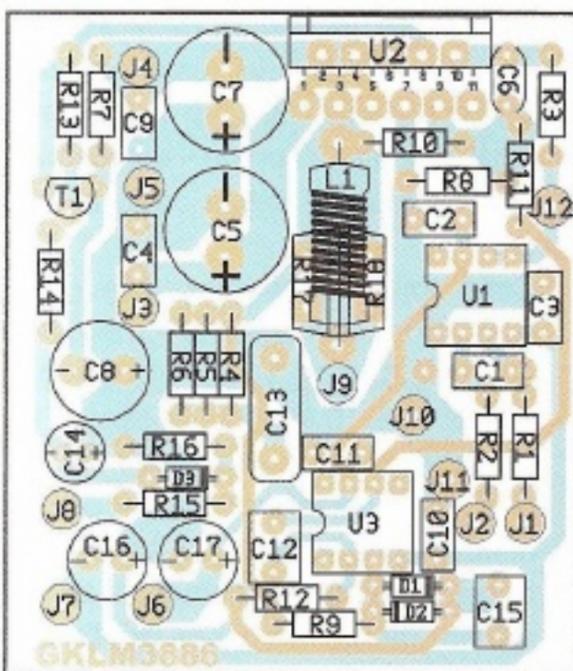


Figure 9

Figure 10



## Procédure de câblage

Commencer par les diodes D1, D2 et D3, sans oublier de souder l'anode de D2, côté composants.

Ensuite, câbler toutes les résistances.

Côté composants, souder l'une des queues des résistances R4, R11 et R12. Continuer par les deux circuits U1 et U3. Les pattes (6) et (7) de U3 et la patte (7) de U1 seront soudées également côté composants.

Passer au montage de tous les condensateurs (polyester et céramique), puis T1. Poursuivre par U2 en prenant garde de laisser un petit espace entre le pliage des pattes du LM3886 et les pastilles de la

face « côté composants ». Souder les pattes (1) et (5) côté composants.

Enfin, achever le travail en montant tous les condensateurs chimiques radiaux en prenant soin de commencer par les plus petits pour terminer par les plus hauts (C5 et C7).

Restent L1, R17 et R18.

Le choix dépend de la finalité d'emploi de l'amplificateur. Si vous envisagez l'assemblage en parallèle de deux ou plusieurs modules ou en pont, il faut câbler R17 et R18.

Dans le cas d'une utilisation « simple amplificateur » et si la charge (haut-parleur) risque d'être fortement capacitive, il

# LE LM 3886 : 50 W/8Ω POUR 10 €

Liste des composants du module LM3886 - 50 W			
Référence schéma	Valeurs	Description	Référence Fabricant
<b>Résistances</b>			
R4, R5, R6	10 Ω	Résistance couche métallique 1% 0,5 W	VISHAY série MBS207
R1, R2	49,9 Ω	"	"
R3, R8	1 K	"	"
R7, R13, R14	6,8 K	"	"
R15, R16	10 K	"	"
R10	20,5 K	"	"
R11	205 K	"	"
R9, R12	2,2 MΩ	"	"
R17, R18	0,2 Ω	Résistances film 30 W boîtier TO 220	Caddock série MP930
L1 + R 10	10 Ω	Résistances 2 W à couche de carbone entourez la résistance de 10/12 spires jointives avec du fil émaillé de 0,7 à 0,8 mm de diamètre et soudez les deux extrémités sur chaque queue de la résistance de 2 W.	NEHOM ou autre
<b>Condensateurs</b>			
C8	220 pF/100V	Condensateurs disques céramique	AVX disque céramique
C1	0,01 µF/63 V	Condensateurs subminiatures film polyester métallisé 10%, pas de 5	WIMA série MKS2
C2, C3, C4, C9, C10, C11	0,1 µF/63 V	Condensateurs subminiatures film polyester métallisé 10%, pas de 5	WIMA série MKS2
C13	0,1 µF/250V	Condensateur film polyester métallisé 10%	WIMA série MKS4
C12, C15	0,47 µF/63 V	Condensateurs subminiatures film polyester métallisé 10%, pas de 10	WIMA série MKS2
C14	2,2 µF/50V	Condensateur polarisé pas de 2,5	BC Components série 013
C16, C17	47 µF/63V	Condensateur polarisé pas de 7,5	BC Components série 135
C8	100 µF/100V	Condensateur polarisé pas de 5	"
C5, C7	470 µF/63V	Condensateur polarisé pas de 7,5	"
<b>ACTIF</b>			
D1, D2, D3	1N4148	Diodes signal	
U1	INA134		
U2	LM3886T	LM3886T boîtier TA11B	National Semiconductors
U3	LF411N	Ampli opérationnel Bi-Fet DIL 8	National Semiconductors
T1	BC557	Transistor TO 92	
<b>DIVERS</b>			
	1	intercalaire TO 220	
	1	Canon isolant pour vis M3	
	1	vis M3x12 mm	
	1	écrou M3	
	1	rondelle plate pour vis M3	
	1	rondelle frein pour vis M3	
	20 cm	fil émaillé de 0,7 à 0,8 mm de diamètre	

faut monter la self L1 (voir la nomenclature pour la réalisation de cette self).

## LES VARIANTES DE CABLAGE

- Si la charge n'est pas capacitive, ne montez pas L1 et **câblez un strap** à la place.
- Si pas d'utilisation de la fonction mute, ne montez pas T1, R13, R14, R15, R16, C8, C14 et D3, **câblez un strap** entre les pastilles émetteur et collecteur de T1.
- Si vous utilisez le « mute » mais sans commande directe du secondaire du transformateur d'alimentation, ne montez pas T1, R13, R14, R15, R16, C14 et D3, mais **faites un strap** entre les pas-

tilles émetteur et collecteur de T1.

- Si vous optez pour le fonctionnement en entrée asymétrique, ne câblez pas R1 et R2, **faites un strap** entre l'entrée 2 et la masse. Sur le circuit imprimé, il y a un trou prévu à cet effet, très visible sur les photos des modules. La résistance d'entrée sera alors de 50 kΩ. Vous pourrez la diminuer en soudant une résistance de 10 kΩ par exemple, entre l'entrée et la masse.
- Si vous câblez les résistances de puissance R18 et R17 pour le montage parallèle, par exemple, il est possible de les assembler avec une vis et un écrou car leurs semelles ne sont pas conductrices.

Attention, si vous utilisez d'autres références, assurez-vous de l'isolement électrique des semelles.

- Le schéma de la **figure 11** représente un modèle d'alimentation symétrique classique équipée de condensateurs de fortes valeurs. Il est toujours possible d'augmenter la batterie de condensateurs, c'est toujours mieux. Le schéma montre aussi la manière de câbler l'alimentation de la fonction « mute ».

- Si le module est utilisé avec l'alimentation locale du GK FIVE, il faudra recalculer le pont diviseur des régulateurs LM317 et LM337 pour obtenir les tensions continues symétriques de ±15 V (le calcul est détaillé dans les numéros décrivant le GK FIVE).

- Si vous utilisez le module avec un autre dissipateur que celui du GK FIVE, souvenez-vous que la résistance thermique du dissipateur devra être d'au moins 2,5° C/W

## L'ALIMENTATION

Pour le GK FIVE, les modules amplificateurs fonctionnaient avec des tensions symétriques de ± 42 V en continu.

Les modules LM3886 sont prévus pour des tensions de ± 35 V.

Les caractéristiques du transformateur seront donc différentes.

Se souvenir des paramètres suivants :

- U pic en sortie sera 28,4 volts

- I pic en sortie sera 3,6 ampères

En prévoyant une marge de sécurité de 15 %, il faut obtenir 32/35 volts en continu après redressement et filtrage à vide. Un rapide calcul indique que, pour un module de 50 watts, le transformateur devra afficher les caractéristiques suivantes :

- primaire 220 V

- secondaire à point milieu fournissant 2 x 25 V.

C'est donc un transformateur de 120 VA qui sera nécessaire. Rappelez-vous qu'il vaut mieux avoir un transformateur plus puissant que celui préconisé.

Enfin, n'oubliez pas que la puissance du

# AMPLIFICATEUR À ENTRÉE SYMÉTRIQUE

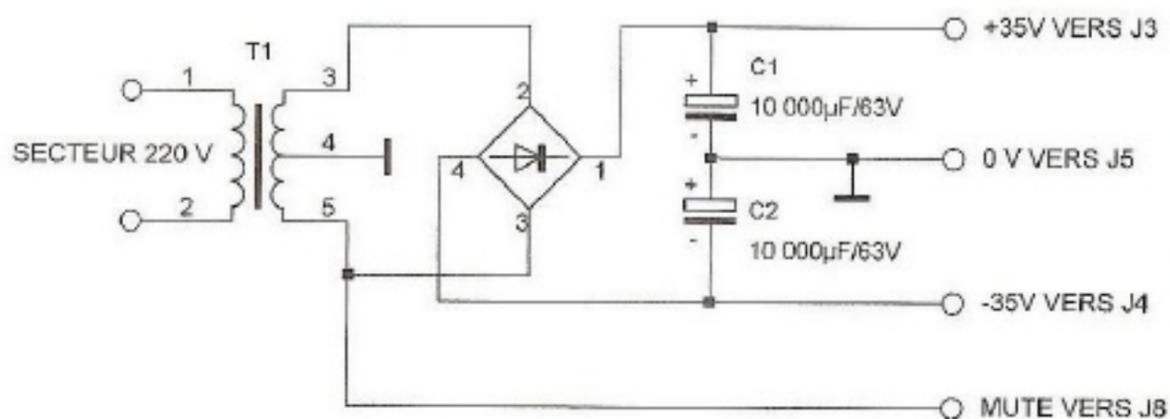
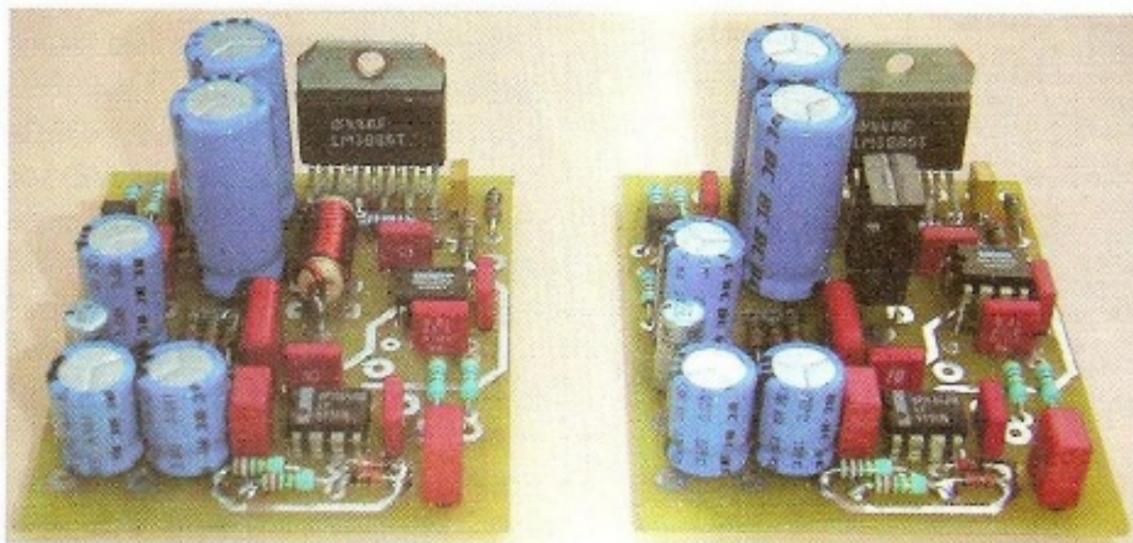
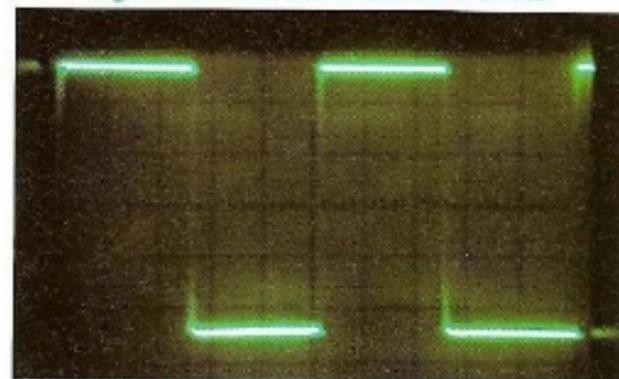


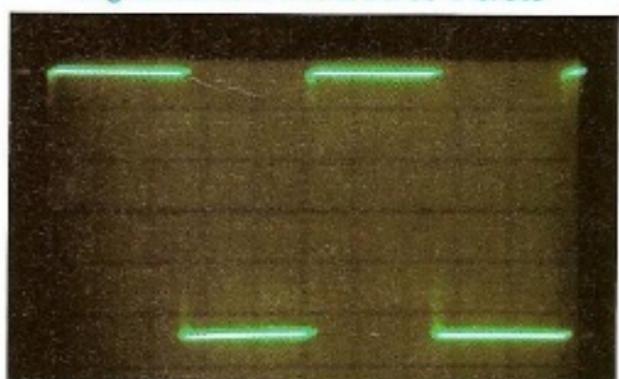
Figure 11 : Schéma de l'alimentation



Signal carré à 40 Hz de 50 V crête



Signal carré à 1 kHz de 50 V crête



Signal carré à 10 kHz de 50 V crête

transformateur d'alimentation devra être proportionnelle au nombre d'amplificateurs à alimenter.

L'association de deux modules en parallèle permettra de répartir la dissipation de chaleur par effet joule symétriquement sur les deux modules.

Dans ce cas, le deuxième module ne sera pas équipé de U1 et ses composants externes. Le module sans U1 sera relié à l'autre module avec un fil de câblage, à la pastille J12. L'emploi de plus de deux modules en parallèle se fera toujours en les reliant tous (niveau signal d'entrée) en J12.

## LES TESTS

Il faut tout d'abord procéder à un examen minutieux du câblage et surtout détecter et éliminer les éventuels courts-

circuits provoqués par les soudures.

Il faut ensuite fixer le module contre un dissipateur car, même à vide (sans signal), le LM3886 chauffe un peu.

Le courant de repos de l'étage de sortie a été fixé à 50 mA à la conception.

Si tout est correct, connecter une charge (résistance de puissance d'au moins 50 W) en sortie et vérifier le fonctionnement du module en balayant le spectre de quelques hertz à au moins 30 kHz.

En l'absence de signal d'entrée, dès la mise sous tension, vérifier que la sortie est à 0 V ( $\pm 15$  mV). Sur nos modules, nous avons mesuré une tension d'offset inférieure à 5 mV, ce qui est remarquable. Injecter un signal symétrique en entrée (ou asymétrique si on a câblé pour ce fonctionnement) et vérifier le signal amplifié en sortie à l'aide d'un oscilloscope.

Les amateurs bien équipés en appareils de mesure auront loisir d'effectuer toute une série de tests classiques pour torturer l'amplificateur. Ils constateront le comportement exceptionnel du LM3886 et ses performances irréprochables.

Les trois oscillogrammes prouvent la qualité du signal amplifié. Que ce soit en sinusoïdal ou en signaux rectangulaires, tous les tests ont été effectués pour une valeur maximale en sortie, c'est-à-dire 56 volts crête.

## CONCLUSION

Voilà une excellente alternative pour le GK FIVE. Simple à réaliser, ce module amplificateur pratique et performant trouvera sa place dans bien d'autres réalisations et projets.

Gabriel Kossmann

## UN ENSEMBLE DE PRISE DE SON PRÉAMPLIFICATEUR POUR MICROPHONE AMPLIFICATEUR DE LIGNE ET COMPRESSEUR



Après avoir décrit dans notre précédent numéro le préamplificateur pour microphone, nous consacrons la deuxième partie de notre article à l'amplificateur de ligne qui comprend également une unité de compression à seuil réglable. Les deux unités ont été montées dans deux boîtiers séparés pour pouvoir être utilisées indépendamment. L'ensemble affiche des spécifications dignes des meilleurs appareils professionnels.

**L**a prise de son en temps réel nous réserve bien des surprises. Une simple maladresse d'un orateur et notre installation subit une pointe de 10 dB (soit dix fois en puissance !) entraînant l'irréversible saturation de l'installation. Le rôle du compresseur est de restituer le signal de manière transparente jusqu'à un certain niveau préalablement fixé et de le limiter progressivement au-delà de ce niveau (**figure 1**).

La compression est à utiliser avec discernement. Il serait regrettable d'en-

tendre un concert classique dans lequel les « piano » et les « forte » sont rendus sans la dynamique imposée par la partition. Par contre, en musique de fond ou pour sonoriser un lieu de passage, cette dynamique présente des écarts inacceptables au confort de l'auditeur « distrait » et se doit d'être compressée.

Trois caractéristiques sont fondamentales :

- le seuil de compression,
- le taux de compression
- le temps de déclenchement/relâchement.

Le seuil de compression fixe le niveau d'entrée à partir duquel la compression commence.

Le taux de compression est le rapport de la variation du signal entrant/sortant en phase de compression.

Le temps de déclenchement/relâchement est le délai de recouvrement du signal suite à une variation du niveau d'entrée.

Il est évident que, malgré ce traitement, le contenu spectral du signal restitué ne peut être altéré. Seule la dynamique est altérée au-dessus d'un niveau fixé. La

# ENSEMBLE DE PRISE DE SON

DHT ne peut souffrir de la compression. Ceci proscrit les amplificateurs logarithmiques utilisés en radiocommunication. Certaines réalisations permettent le réglage séparé des trois caractéristiques. Nous avons opté pour la simplicité et seul le seuil de compression est réglable. Le taux de compression en phase de compression est de 4 à 1 : un échelon de 1 dB en entrée restitue un échelon de 0,25 dB en sortie. Ceci rend encore un peu de dynamique, contrairement aux compresseurs qui limitent drastiquement le signal.

Le temps de déclenchement ( $T_0 \rightarrow T_d$ ), aussi appelé « Attack time » est de 20 ms. Le temps de relâchement ( $T_1 \rightarrow T_r$ ) « Recovery time » est de 300 ms (figure 2). Pour notre réalisation, le système de compression retenu utilise une photorésistance placée dans le circuit de rétroaction (figure 3). Le principe est simple : une portion du signal Vac de sortie pilote l'ampoule LP1 placée en face de la photorésistance Ph1. Si le signal est supérieur à la consigne, l'ampoule s'illumine et réduit la résistance de la photo-résistance, diminuant ainsi le gain de l'étage d'amplification.

À l'utilisation, ce compresseur se révèle facile d'emploi et fiable, tout en rendant un service de qualité.

## L'AMPLIFICATEUR DE LIGNE

### CIRCUIT AMPLIFICATEUR DE LIGNE

L'amplificateur de ligne (figure 4) comprend un seul étage composé d'une ECC81 (V1) montée en SRPP, suivie par une ECC99 (1/2 V3) montée en cathode suiveuse. Par défaut (sans compression), le gain maximal de l'étage est fixé à 12 dB ( $A = 4$ ) par l'ajustable P1 qui dose le circuit de contre-réaction. Le signal de 4 Vac issu de la cathode de V3 est appliqué à très basse impédance au primaire du transformateur de sortie « ligne ». L'impédance de la ECC99 en cathode suiveuse sous 10 mA est de l'ordre de 100  $\Omega$ , mais cette impédance est encore

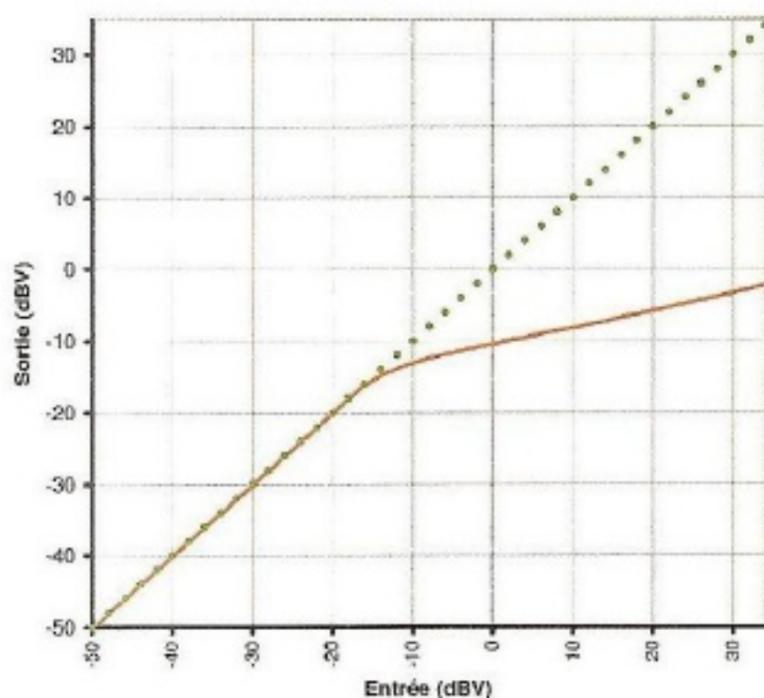


Figure 1 :  
Courbe typique  
de compression

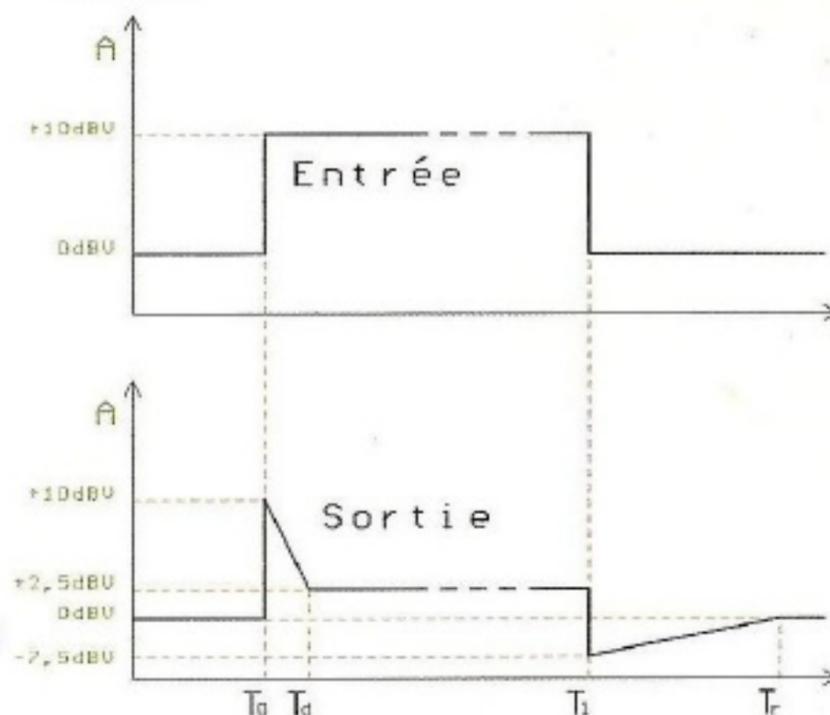


Figure 2 :  
Courbe typique  
d'attaque/recouvrement  
du signal

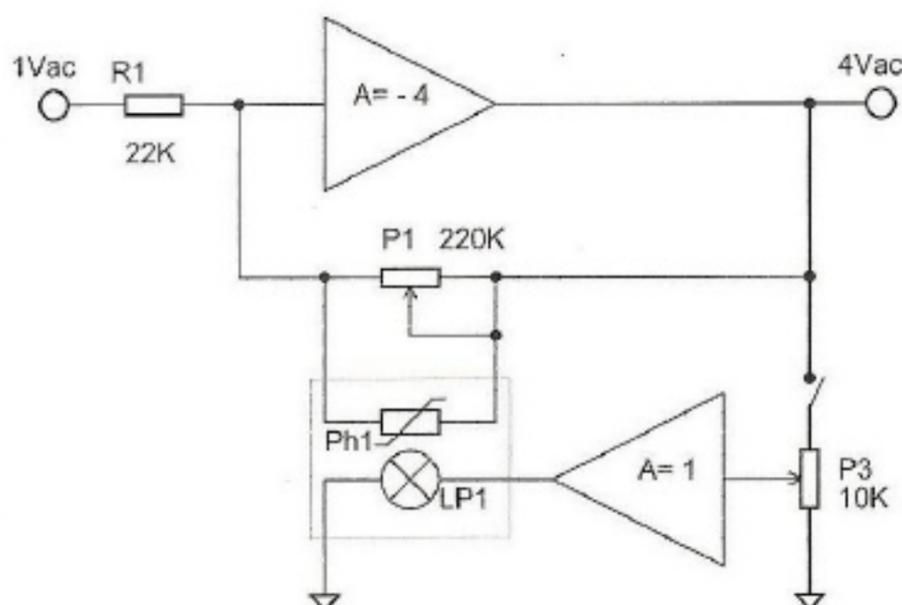


Figure 3 :  
Schéma bloc

# AMPLIFICATEUR DE LIGNE ET COMPRESSEUR

réduite par le fort taux de contre-réaction et vaut ici seulement  $28 \Omega$ . Le rapport de réduction du transformateur est de 2 à 1. Le signal de 4 Vac appliqué au primaire fait 2 Vac au secondaire sous une impédance quasi nulle. Les résistances R31 et R33 réalisent l'impédance de sortie de  $600 \Omega$ . Le transformateur de sortie est fabriqué par Lundahl et porte la référence LL1517.

Le gain total est de 0 dB : 1Vac appliqué à l'entrée est restitué en sortie sous une impédance de  $600 \Omega$ , symétrique et isolée. La contre-réaction a l'avantage de linéariser la bande passante de 15 Hz à 90 kHz à -1dB et de réduire drastiquement la DHT (typ. : 0,03% à 1 kHz).

## LA COMPRESSION

La compression du gain est réalisée par la photorésistance (Ph1), placée en parallèle avec P1. Sa résistance varie de quelques centaines d'ohms à pleine illumination pour une compression maximale, à plusieurs mégohms dans le noir. La cellule choisie est une VT400 de Vactec, disponible chez Radiospares sous la référence 234-1050.

Cette photorésistance a été choisie pour ses caractéristiques de rapidité : temps de descente = 18 ms, temps de montée (relâche) = 90 ms.

Ce sont principalement ces caractéristiques, associées dans une moindre mesure à celles de l'ampoule, qui réalisent le graphe repris en figure 2 et les spécifications finales. Le gain total de l'ampli de ligne peut ainsi varier entre 0 dB et « -40 dB » selon le choix de la consigne.

## AMPLIFICATEUR D'ÉCOUTE AU CASQUE

Notre amplificateur de ligne est également pourvu d'un étage d'amplification pour écoute au casque, outil indispensable pour la prise de son.

Le signal est prélevé sur la cathode de V3 et amplifié par une triode ECC99 (1/2 V4) montée en « Single End ».

Le transformateur de sortie est fabriqué

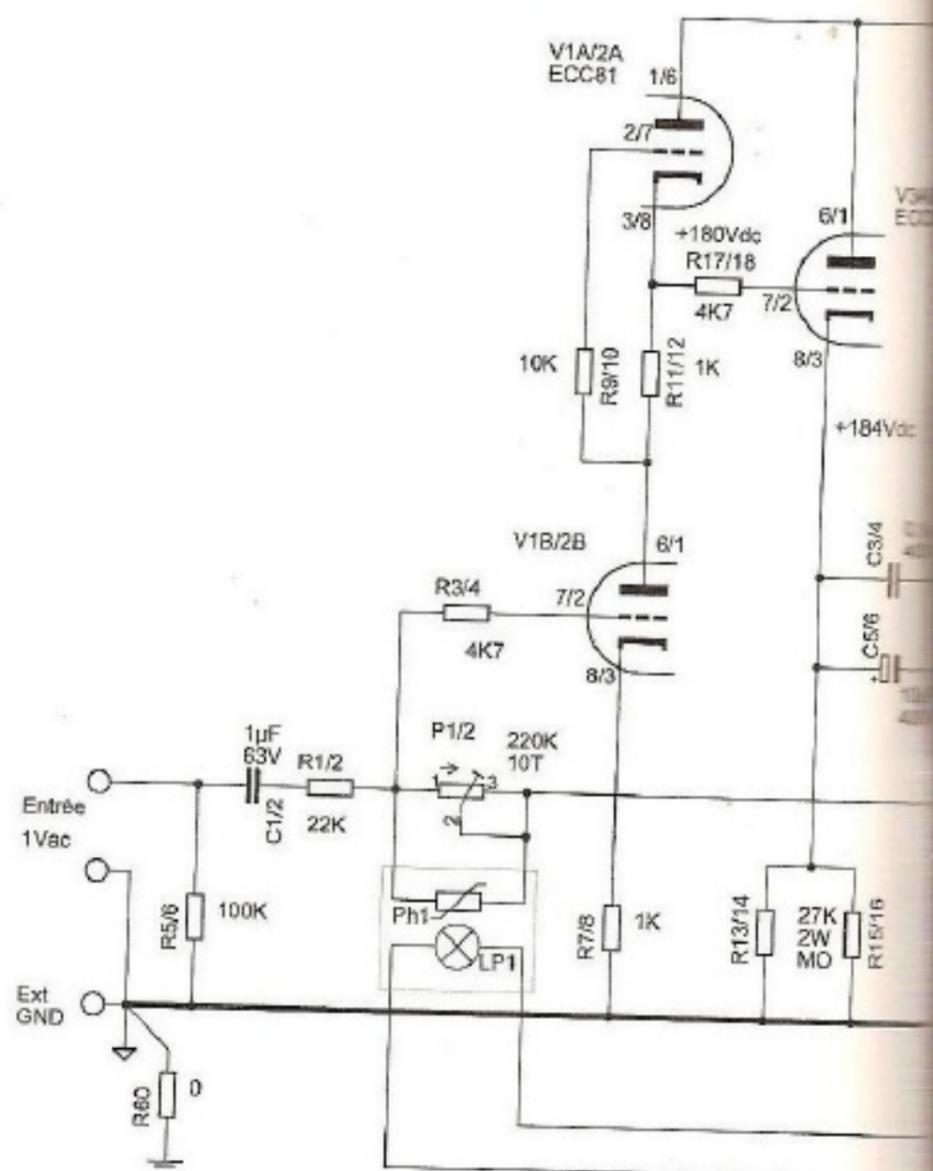


Figure 4 : Circuit amplificateur

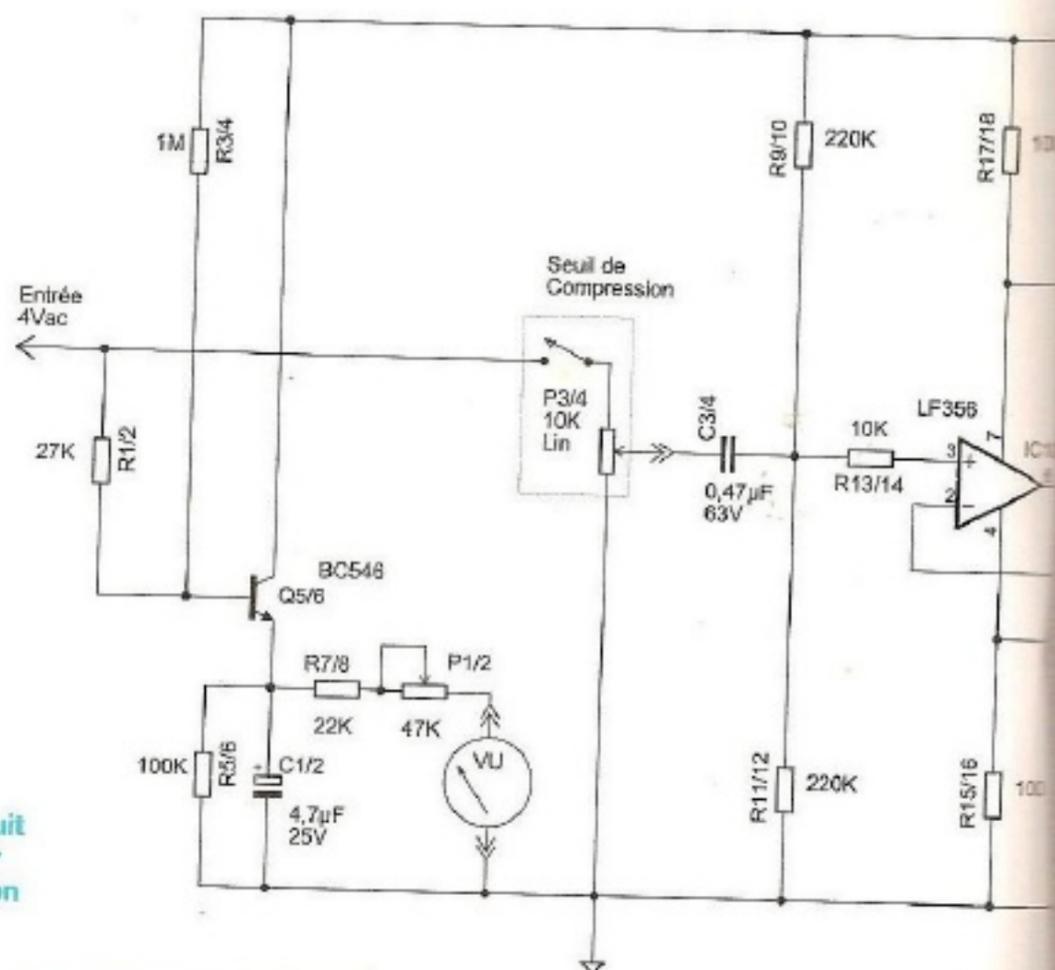
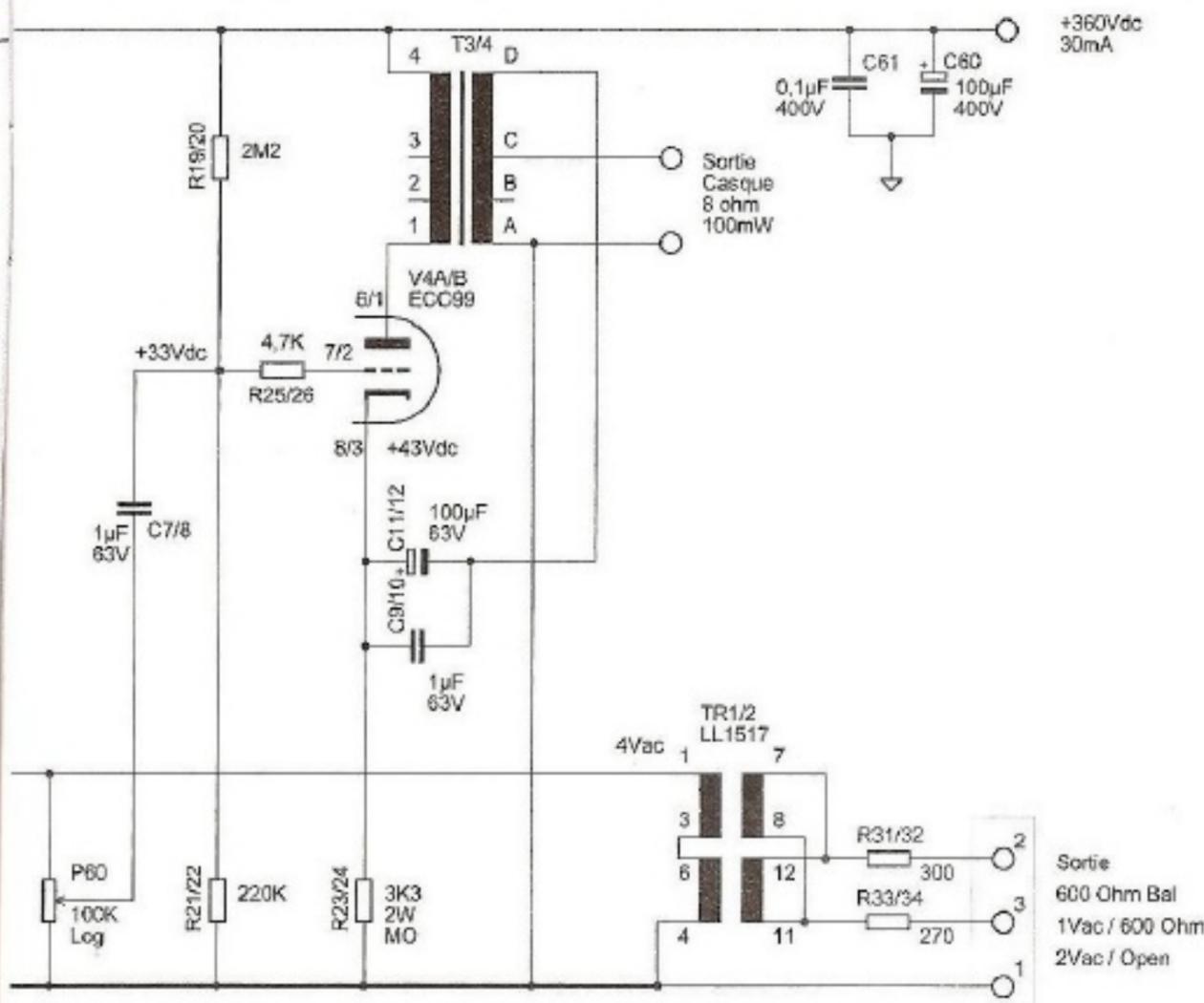
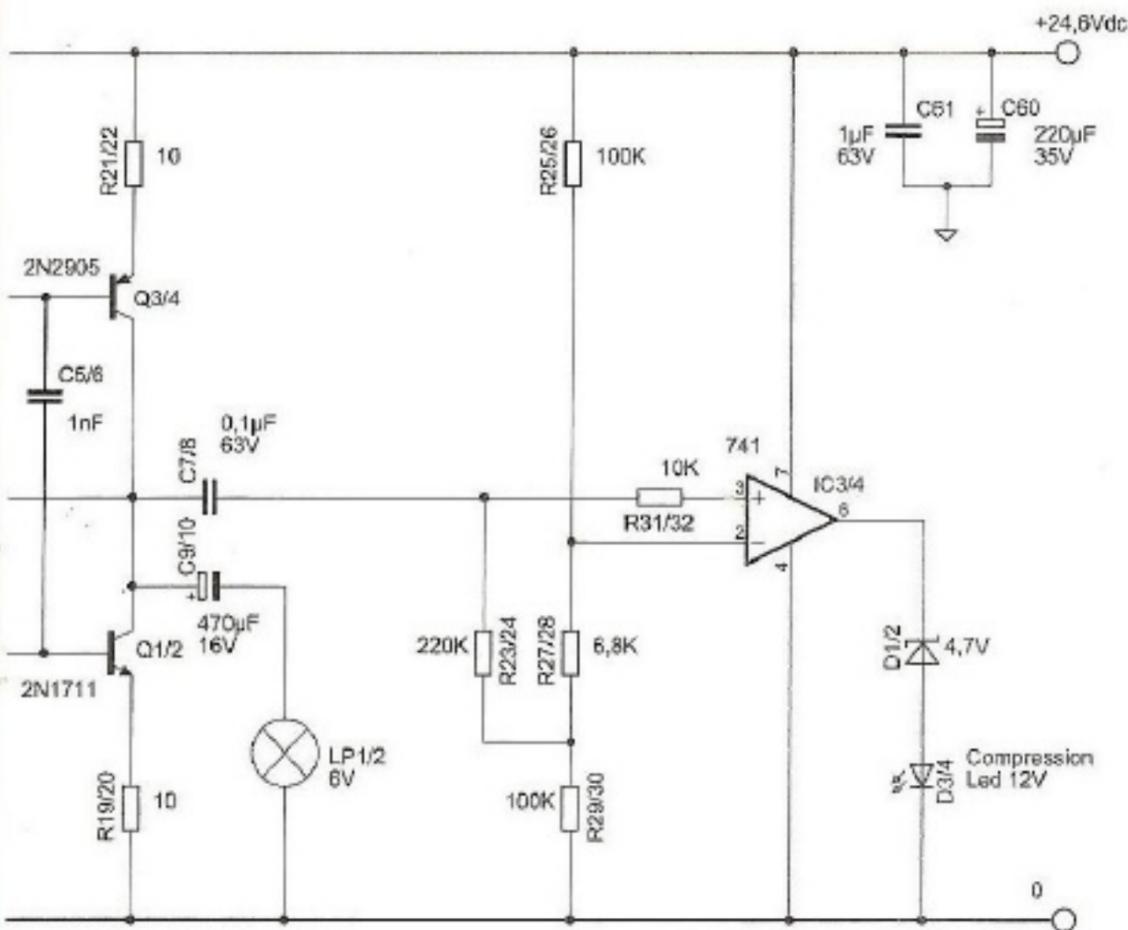


Figure 5 : Circuit amplificateur de compression

# ENSEMBLE DE PRISE DE SON



→ Circuit de Compression  
→  
→



par OEP au Royaume-Uni et porte la référence N35A002F. L'impédance de plaque est de 24 k $\Omega$ . Un signal de contre-réaction est prélevé sur la broche D et réinjecté dans le circuit de cathode. La puissance maximale rendue est de 100 mW pour une DHT inférieure à 1 %. Ce transformateur n'est pas distribué en France. En cas d'intérêt, contactez-moi, je puis vous approvisionner. Les filaments des tubes V1 et V2, de même que ceux de V3 et V4, sont mis en série et alimentés en + 24 Vdc. Cette tension est indispensable au fonctionnement du circuit de compression.

## L'AMPLIFICATEUR DE COMPRESSION

Il s'agit ici d'un amplificateur de gain unitaire à semiconducteurs (**figure 5**). Le signal prélevé sur la cathode de V3 est appliqué sur le potentiomètre P3 auquel est couplé un interrupteur. Libre à vous de placer un switch pour cette fonction sur la face avant.

Il est ensuite amplifié en courant par un montage push-pull (IC1-Q1-Q3). Cet amplificateur n'appelle pas de grandes explications. Il est alimenté en 24 Vdc, délivre une puissance de 1 Weff et pilote une ampoule de 6 V/60 mA.

Cette ampoule est disponible chez Radiospares sous la référence 586-374. Elle est physiquement couplée à la photorésistance dans un tube complètement opaque, nous y viendrons en détail dans la mise en oeuvre. Le signal est également appliqué à l'entrée positive de IC3. L'entrée positive est inférieure de 0,8 V à la broche négative, et fixe la sortie du 741 à 0 V par défaut.

Tout signal appliqué sur l'ampoule qui dépasse 0,8 V crête provoque le basculement de la sortie du 741 et active la LED (D3). Ceci correspond à une compression de 1 dB.

Le choix du type de photorésistance et d'ampoule associée est le résultat de campagnes de mesures fastidieuses. Mais le résultat se traduit par la répétabilité et la stabilité du montage.

# AMPLIFICATEUR DE LIGNE ET COMPRESSEUR

Cette carte supporte aussi le circuit du vumètre. Le signal est redressé par le transistor Q5.

Le transistor est pré-polarisé par R3 (1 M $\Omega$ ) afin de le placer au seuil de conduction. Le temps de montée est de l'ordre de 1 ms, la descente de 300 ms.

## L'ALIMENTATION

Le transformateur est fabriqué sur spécifications par ACEA et porte la référence 7134. Il fournit deux tensions : 36 Vac et 400 Vac (figure 6). Une résistance de 4,7  $\Omega$ /10 W, placée en série avant d'attaquer le pont redresseur, a pour effet de limiter la tension à l'entrée du régulateur 7824 (IC90) et sa dissipation.

Le 24 V régulé alimente deux séries de quatre filaments et l'amplificateur de compression.

Le 400 Vac redressé s'établit à 420 Vdc en service après filtrage. La tension présente sur les deux diodes D80, D81 impose une tension stable de 10 V aux bornes de R83 (10 k $\Omega$ ) et fixe le courant de collecteur de Q80 à 1 mA.

La tension présente au collecteur de Q80 est fixée par le même courant constant de 1 mA parcouru dans les 356 k $\Omega$  (R81 + R82 + R86) et vaut 356 Vdc.

Comme le courant ne fait pas exactement 1 mA, R86 est sélectionnée pour obtenir les 360 Vdc en sortie.

Le transistor Q80 est un 2N5401 de tension Vce = 150 V, la diode D82 (120 V) protège ce transistor des surtensions.

La constante de temps R84-C82 vaut 4,7 s et la tension en sortie met 20 s pour s'établir. Le niveau de bruit/ronflement de la HT est inférieur à 30  $\mu$ V.

## MISE EN ŒUVRE

### LA MÉCANIQUE

Pour la partie mécanique, je vous renvoie à la première partie de l'article parue dans *Led* n°189.

Les considérations sont identiques. Les photos B, C et D ainsi que les figures 7, 8 et 9 sont assez didactiques et vous serviront de guide pour la réalisation.

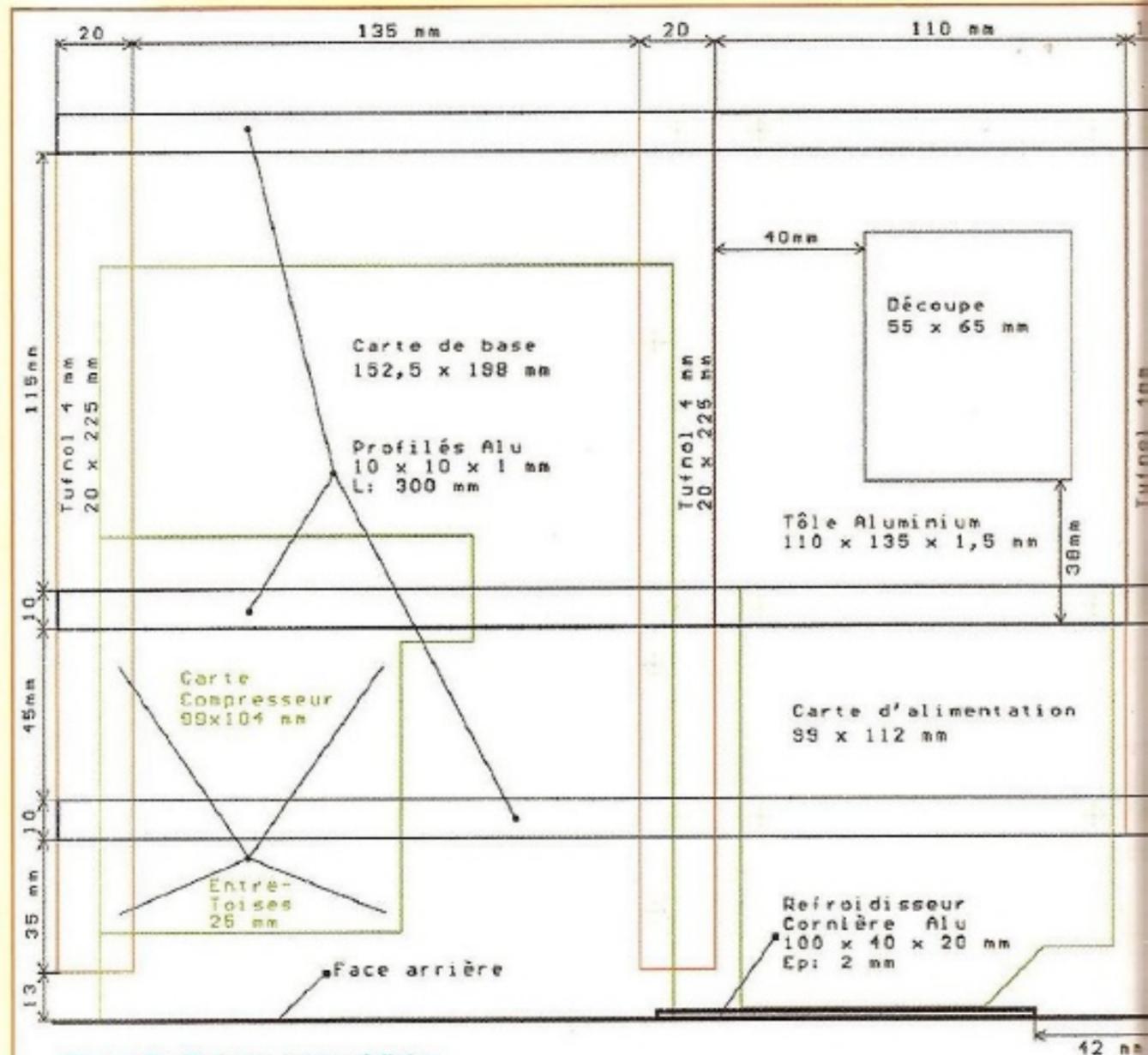


Figure 7 : Châssis intermédiaire

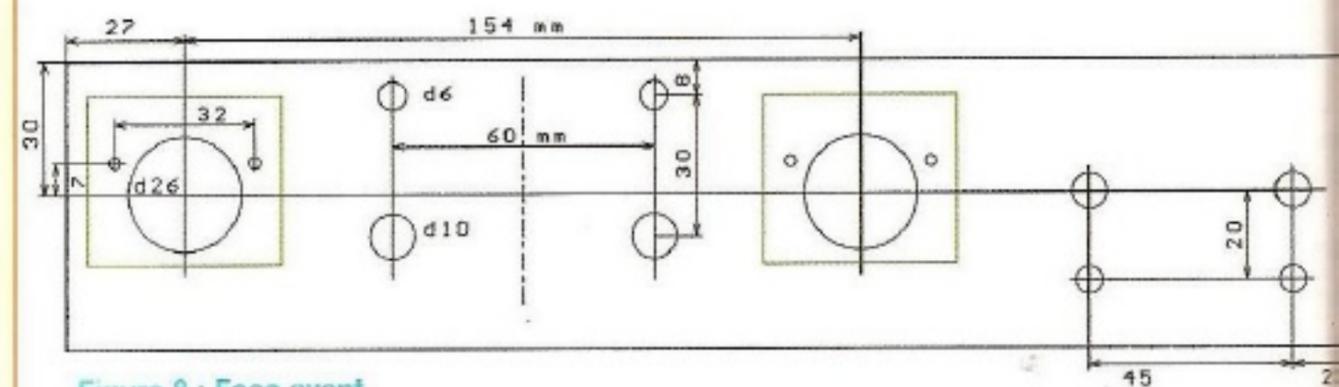


Figure 8 : Face avant

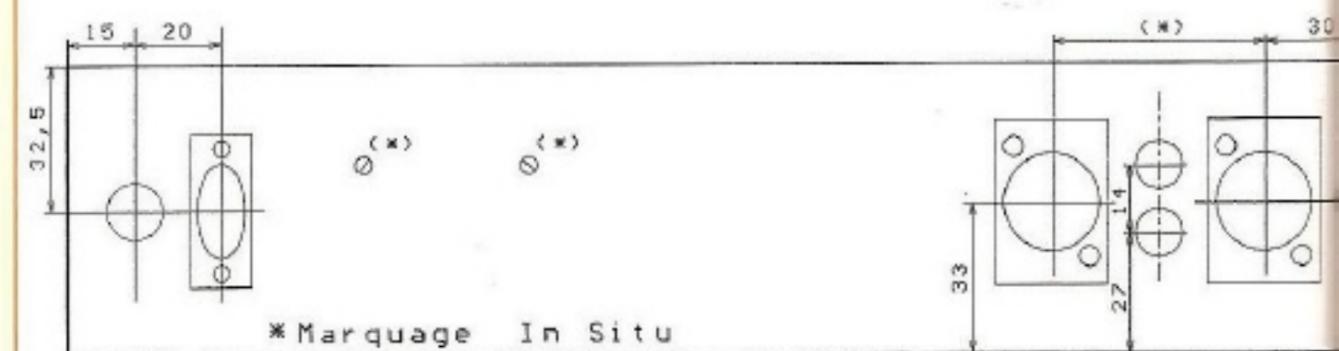


Figure 9 : Face arrière

# ENSEMBLE DE PRISE DE SON

Figure 6 : Circuit d'alimentation

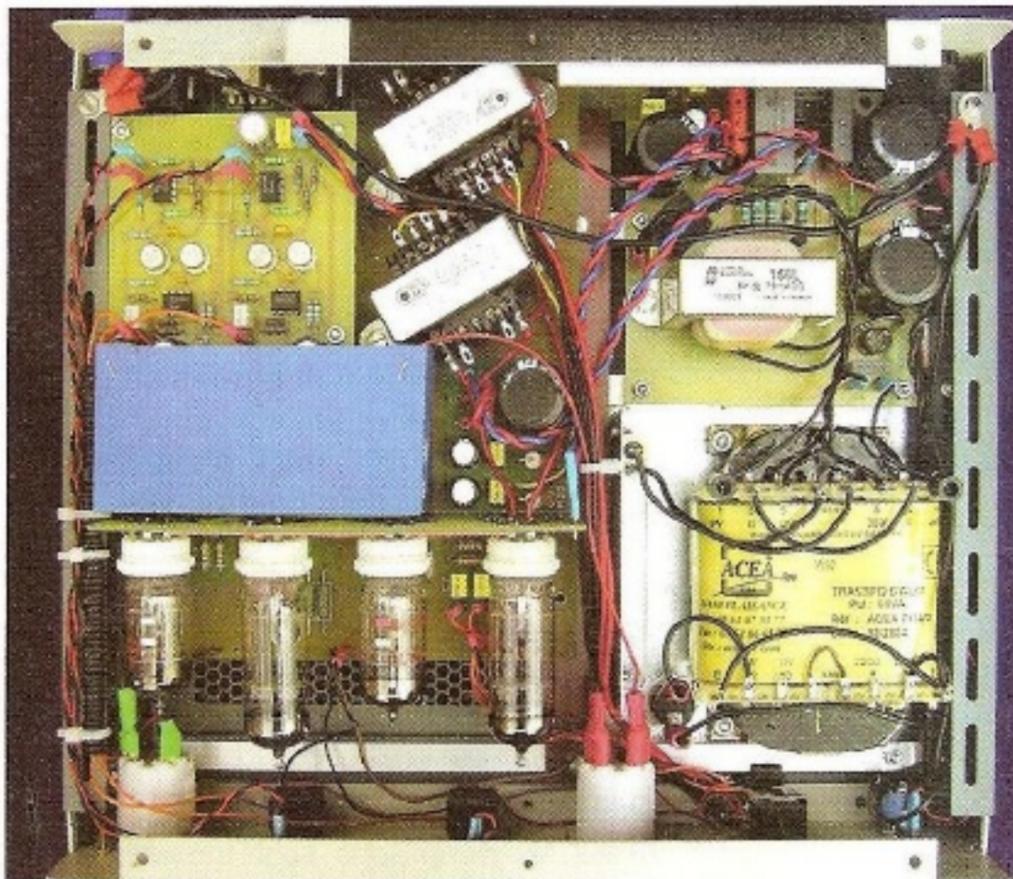
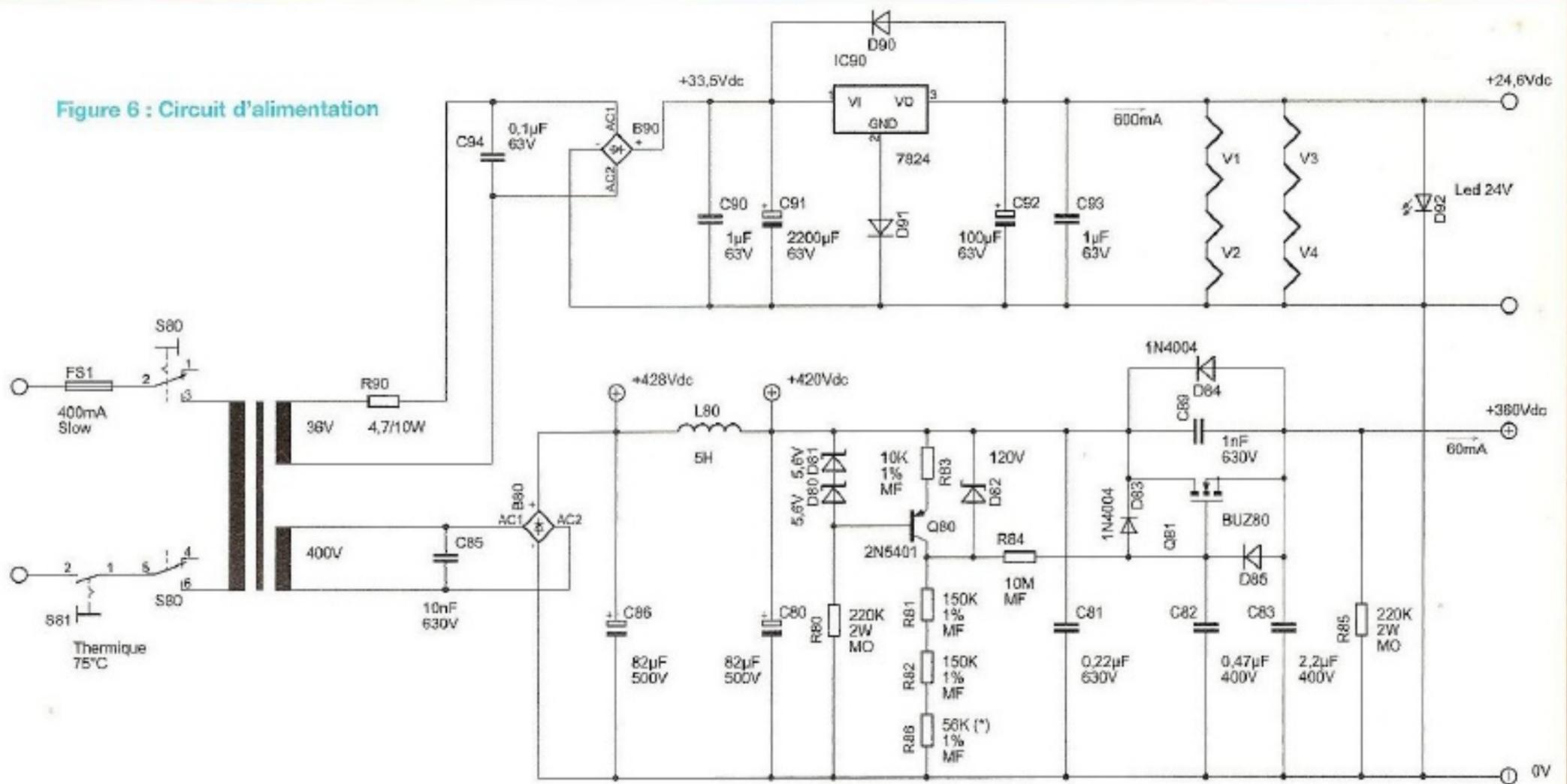


Photo B : Vue d'ensemble

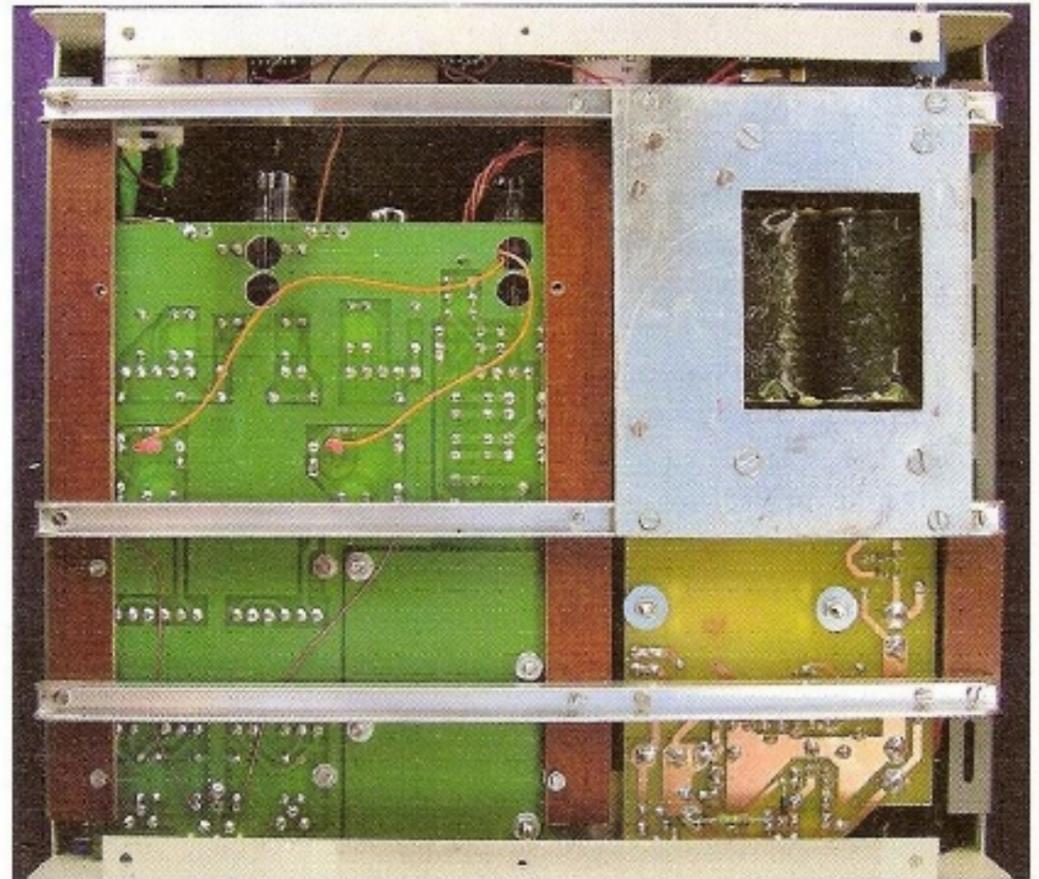


Photo C : Châssis

# AMPLIFICATEUR DE LIGNE ET COMPRESSEUR

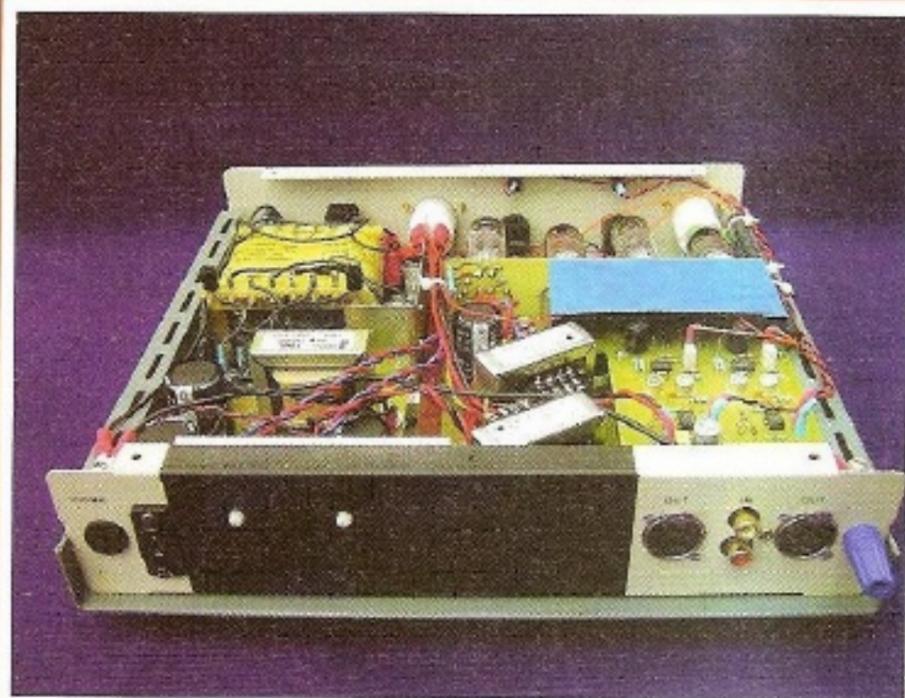


Photo D : Vue arrière

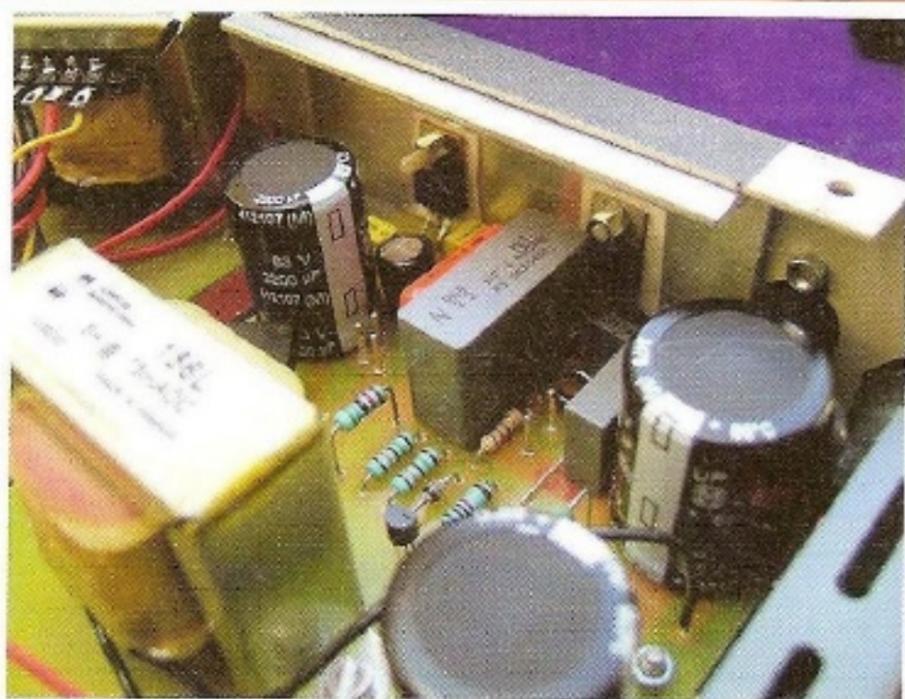


Photo E : Refroidisseurs

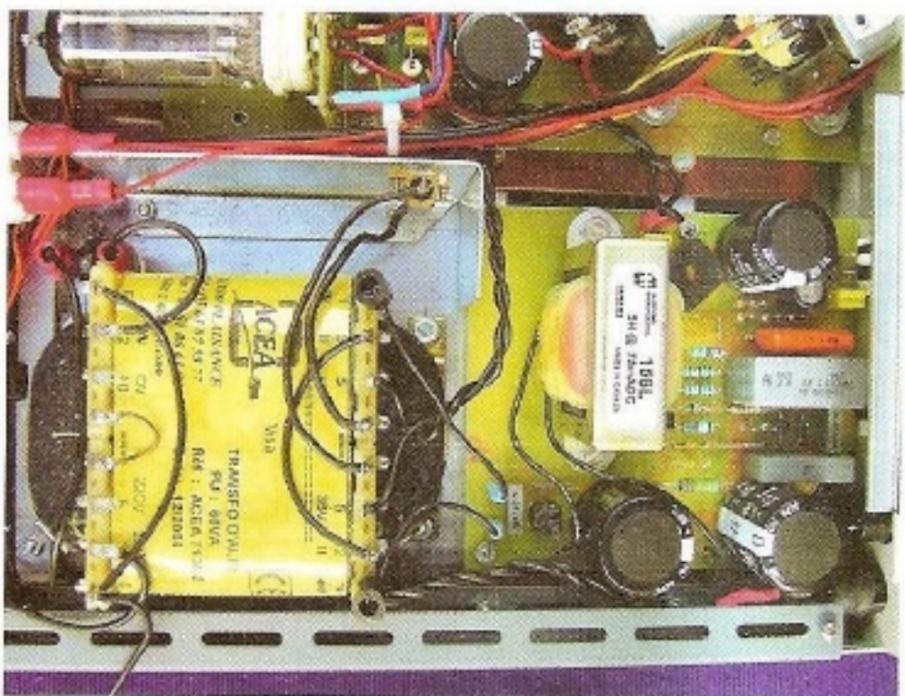


Photo F : Alimentation

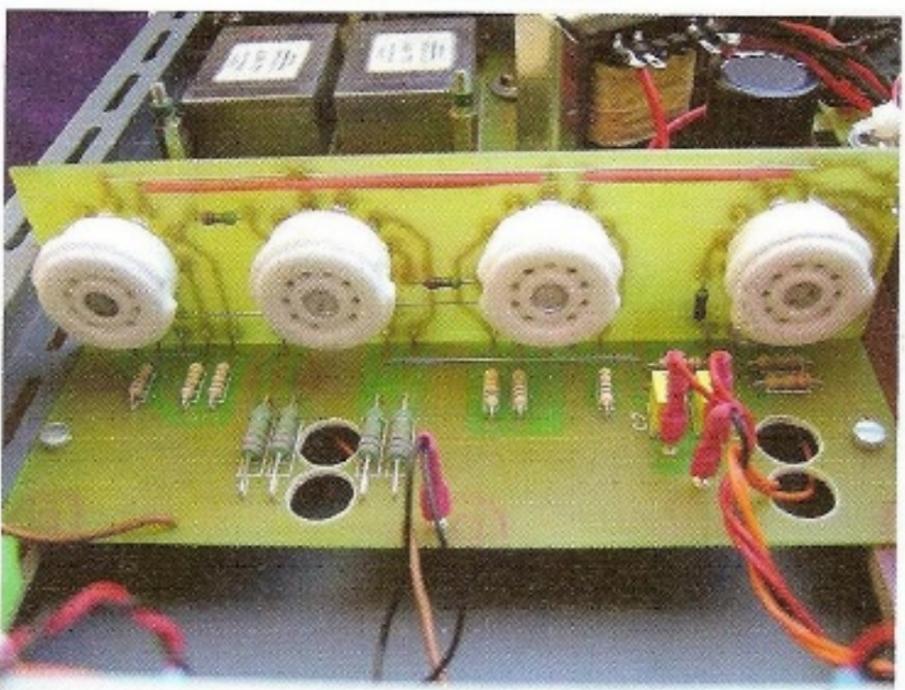


Photo G : Carte des tubes

Un châssis intermédiaire fixé aux oreilles du boîtier supporte la totalité des éléments.

Après nous être assurés que tous les ensembles trouveront leur place, nous pouvons passer au montage des divers composants.

## LES CIRCUITS IMPRIMES

Cette réalisation comprend quatre circuits imprimés : cartes d'alimentation, de base, des tubes et compresseur. Sur la carte de base, s'enfiche la carte des tubes et se fixe la carte compresseur.

## LA CARTE D'ALIMENTATION

Le circuit imprimé de 99 mm x 112 mm (figure 10) regroupe tous les composants de la régulation des 24,6 V et 360 Vdc (figure 11).

Le montage de la carte d'alimentation a été décrit dans notre précédent numéro. Le transformateur d'alimentation étant plus volumineux, la carte a été réduite de 122 mm à 112 mm.

## Points particuliers

La carte alimentation est solidaire du panneau arrière par les deux ballasts IC90 et Q81 (photo E).

La résistance R80 (220 k $\Omega$ /2 W) est montée à  $\pm 10$  mm de la surface.

La résistance R85 (220 k $\Omega$ /2 W) et la diode D85 sont montées sous la carte (photo C).

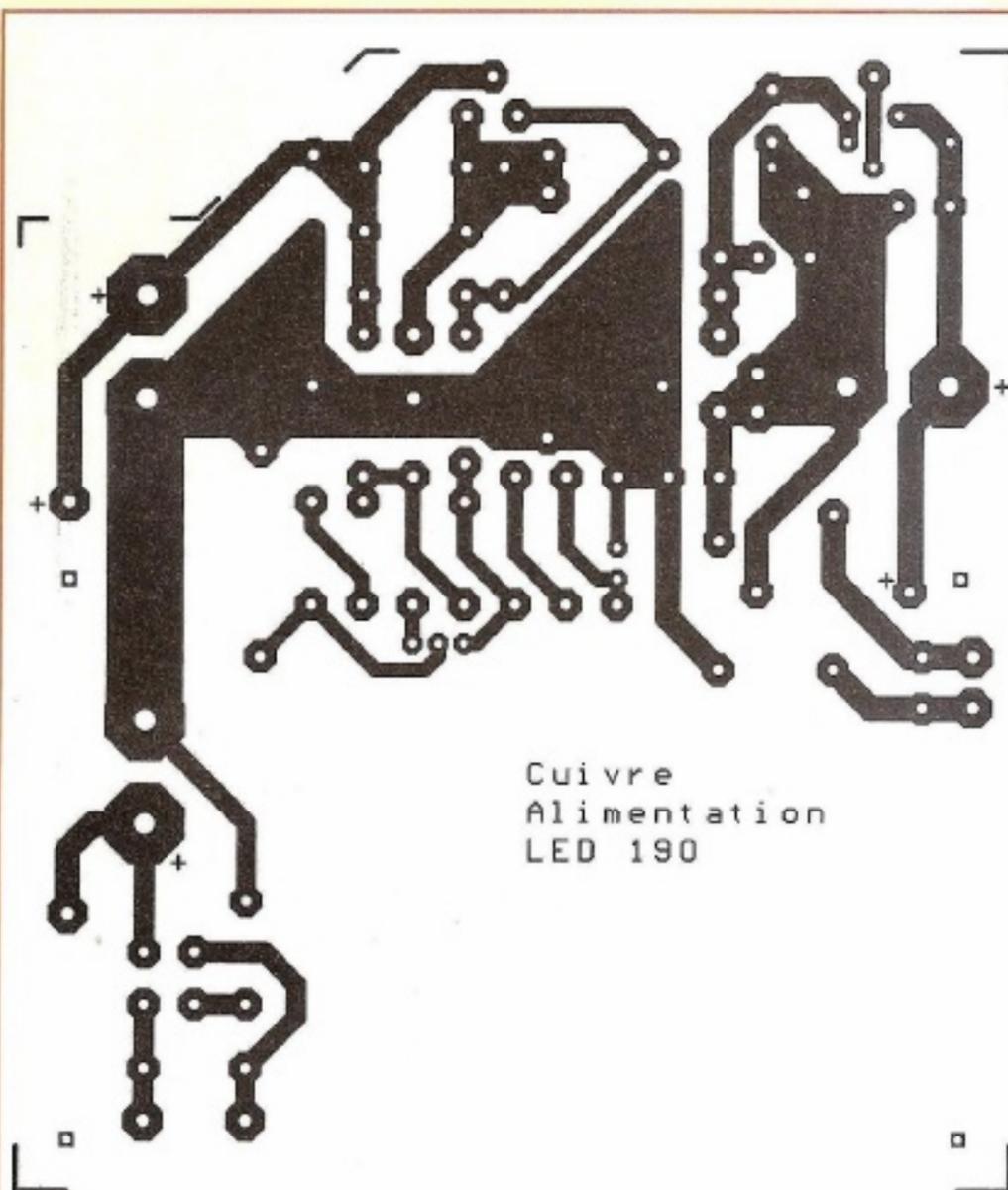
La self de filtrage est fixée par deux vis M4 sur la carte.

Toutes les connexions se font par cosses et picots de 1,3 mm disponibles chez Conrad sous les références 526274 et 526258, la carte est ainsi libre de fils.

Tous les fils de liaisons sont torsadés « serré » afin de réduire au minimum leur rayonnement.

Le transformateur est monté sur quatre

# ENSEMBLE DE PRISE DE SON



Cui vre  
Alim entation  
LED 190

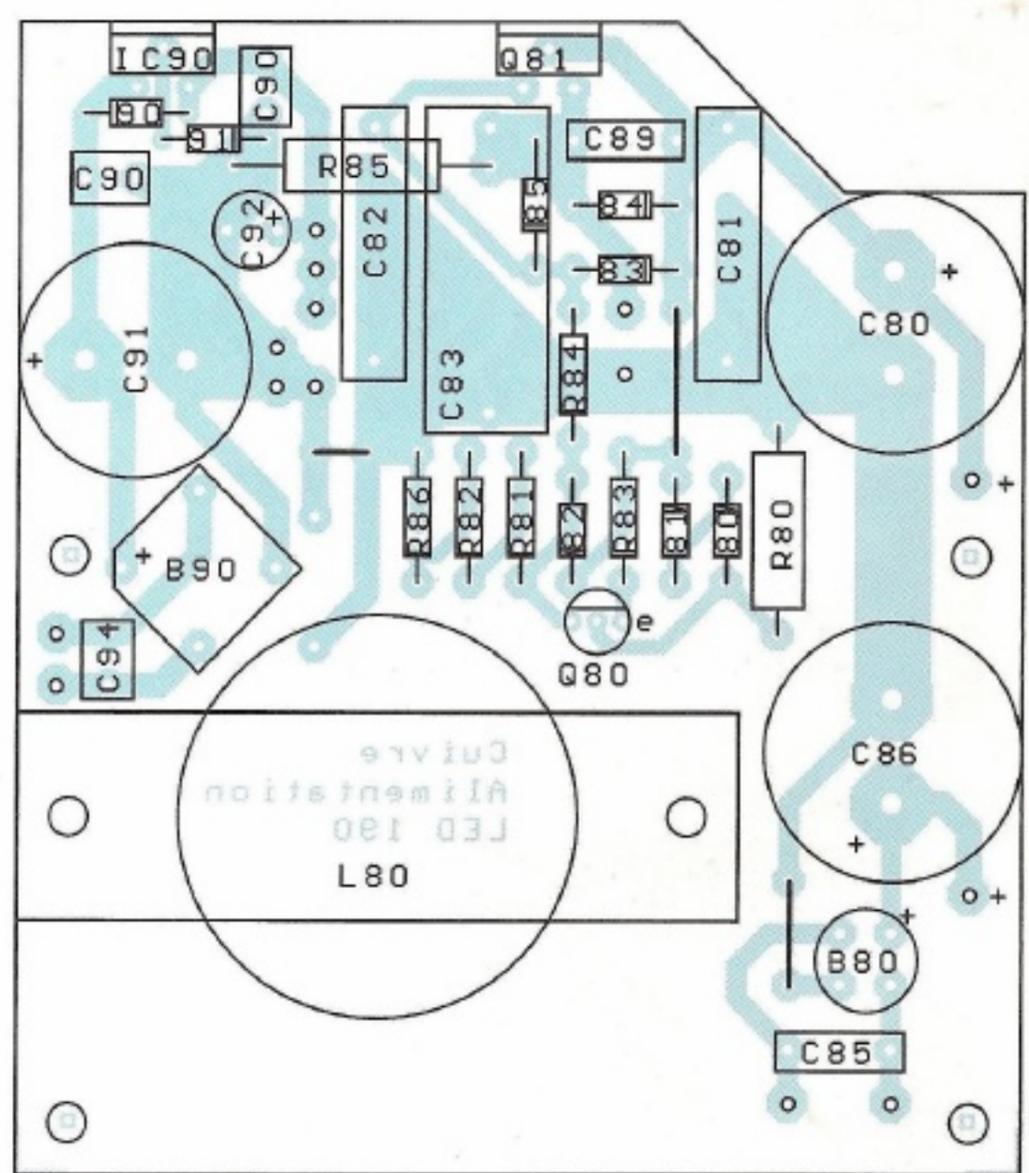


Figure 10 :  
Carte alimentation.  
Circuit imprimé

Figure 11 :  
Carte alimentation.  
Emplacement  
des composants

Circuit Alimentation	Valeur	Volt/Puiss.	Tol/Type	Pas (mm)
2 C80,C86	82µF	500V	Radial	10
1 C81	0,22µF	630V	Radial	22,5
1 C82	0,47µF	400V	Radial	22,5
1 C83	2,2µF	400V	Radial	27,5
1 C85	10nF	630V	Radial	10
1 C89	1nF	630V	Radial	10
2 C90,C93	1µF	63V	Radial	5
1 C91	2200µF	63V	Radial	10
1 C92	100µF	63V	Radial	5
1 C94	0,1µF	63V	Radial	5
1 B80	600V	1A	Pont	
1 B90	40V	6A	Pont	
2 D80,D81	5,6V	400mW	Zener	
1 D82	120V	1,3W	Zener	
4 D83,D84,D85,D90	1N4007			
1 D91	1N4148			
1 D92	LED Verte	24V		
1 FS1	400mA		Retardé (T)	20
1 IC90	7824	24V / 1A		
1 L80	5H	75mA		
1 Q80	2N5401			
1 Q81	BUZ80			
2 R80,R85	220K	2W	5% MO	Metal Oxyde
2 R81,R82	150K	0,66W	1% MF	Metal Film
1 R83	10K	0,5W	1% MF	
1 R84	10M	0,5W	1% MF	
1 R86 (Selection - voir texte)	56K	0,66W	1% MF	
1 R90	4,7	10W	5%	Aluminium
1 TR1 (voir Texte)				

# AMPLIFICATEUR DE LIGNE ET COMPRESSEUR

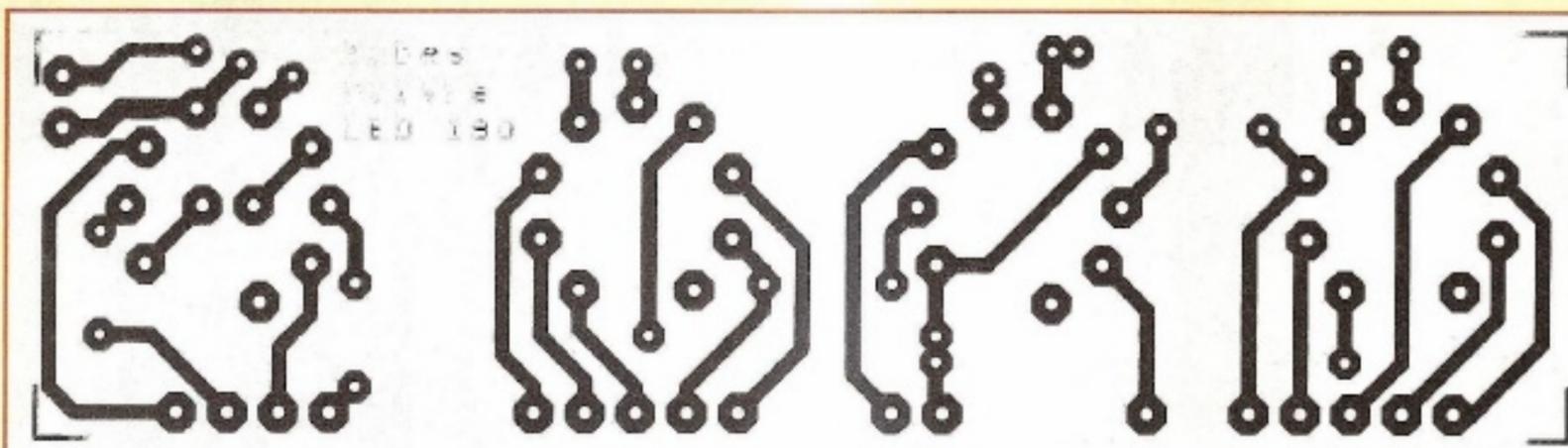


Figure 12 :  
Carte des tubes.  
Circuit imprimé

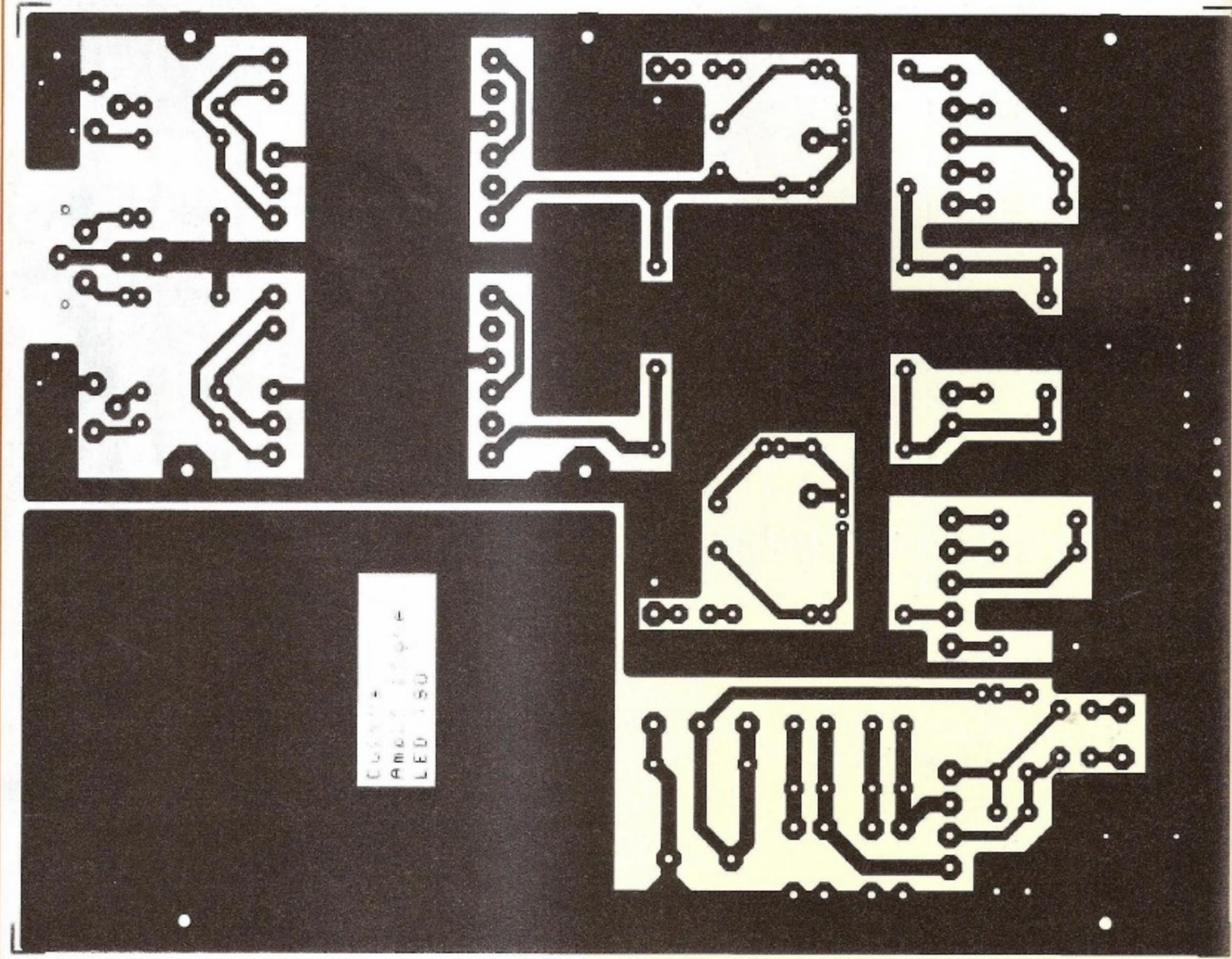


Figure 14 :  
Carte de base.  
Circuit imprimé

autour de la tête de la lampe sur une plaque  
céramique de 10 x 10 x 35 mm (photo B)  
avec un condensateur d'évacuation de la charge

leur, une découpe de 55 x 65 mm est  
pratiquée (figure 7, photo C).  
Le disjoncteur thermique est placé sur la

tôle à côté du transformateur et la résis-  
tance de 10 W sur l'écran en fer doux  
(photo F).

# ENSEMBLE DE PRISE DE SON

Figure 13 :  
Carte des tubes.  
Emplacement des composants

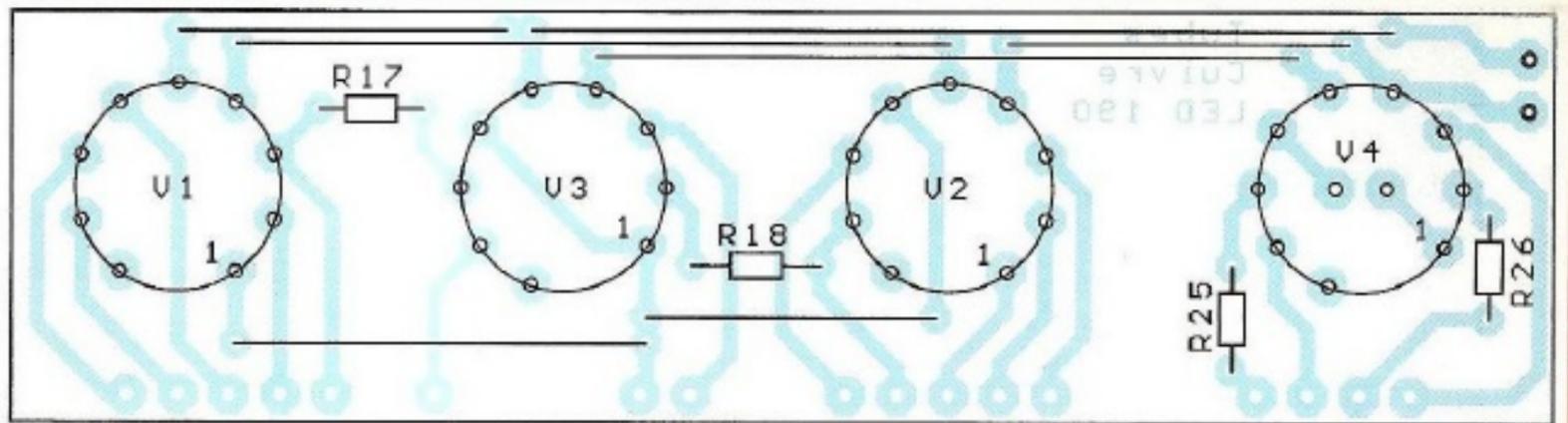
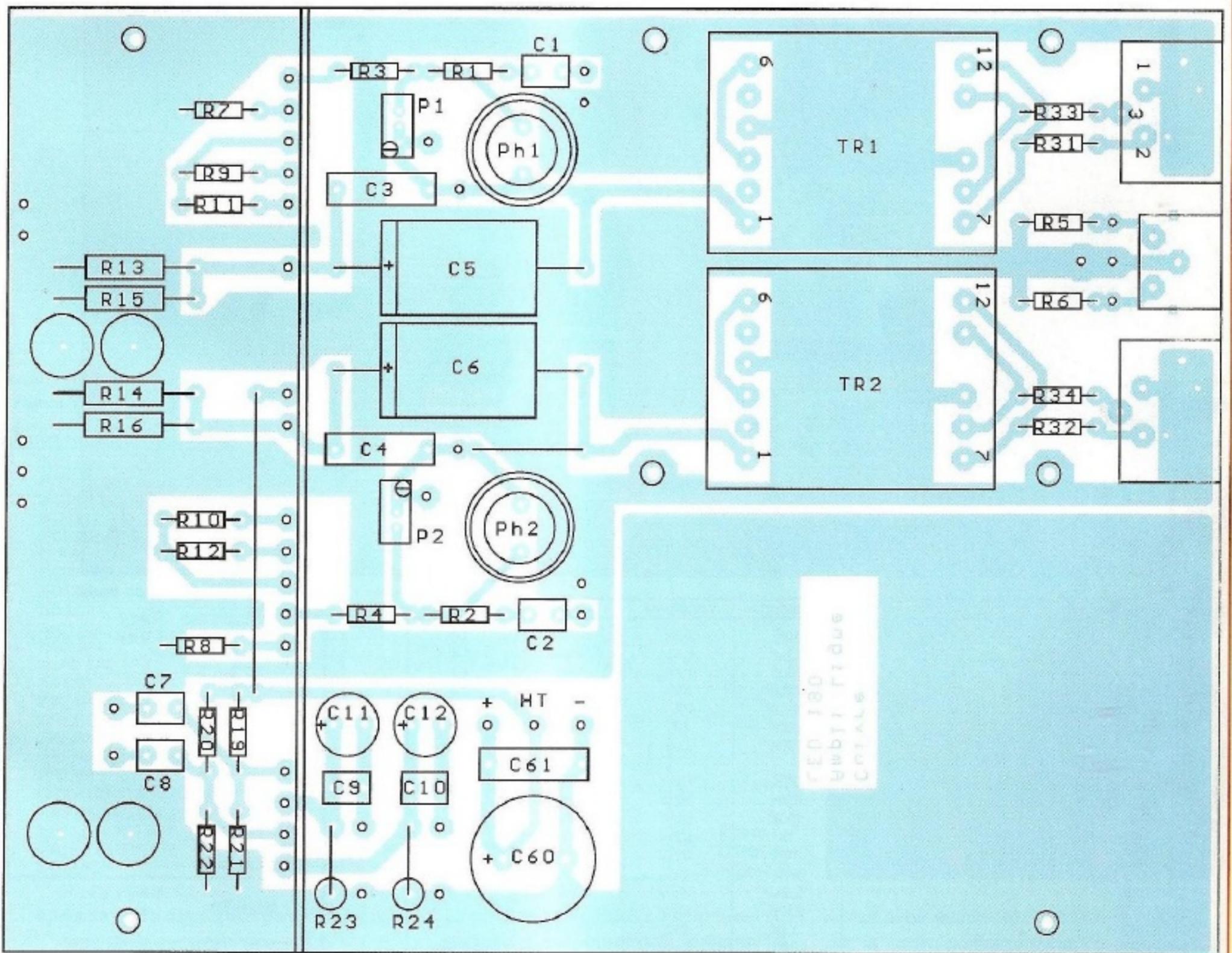


Figure 15 :  
Carte de base.  
Emplacement des composants



## LA CARTE DES TUBES

Cette carte de 152,5 x 40 mm reçoit les quatre tubes (figure 12). Les pontages

sont réalisés en premier lieu. Ceux reliant la broche 4 de V4 à la broche 4 de V2 et la broche 5 de V2 à la broche 4 de V1

doivent être isolés (photo G). Le montage des supports NOVAL se fait en dernier (figure 13).

# AMPLIFICATEUR DE LIGNE ET COMPRESSEUR

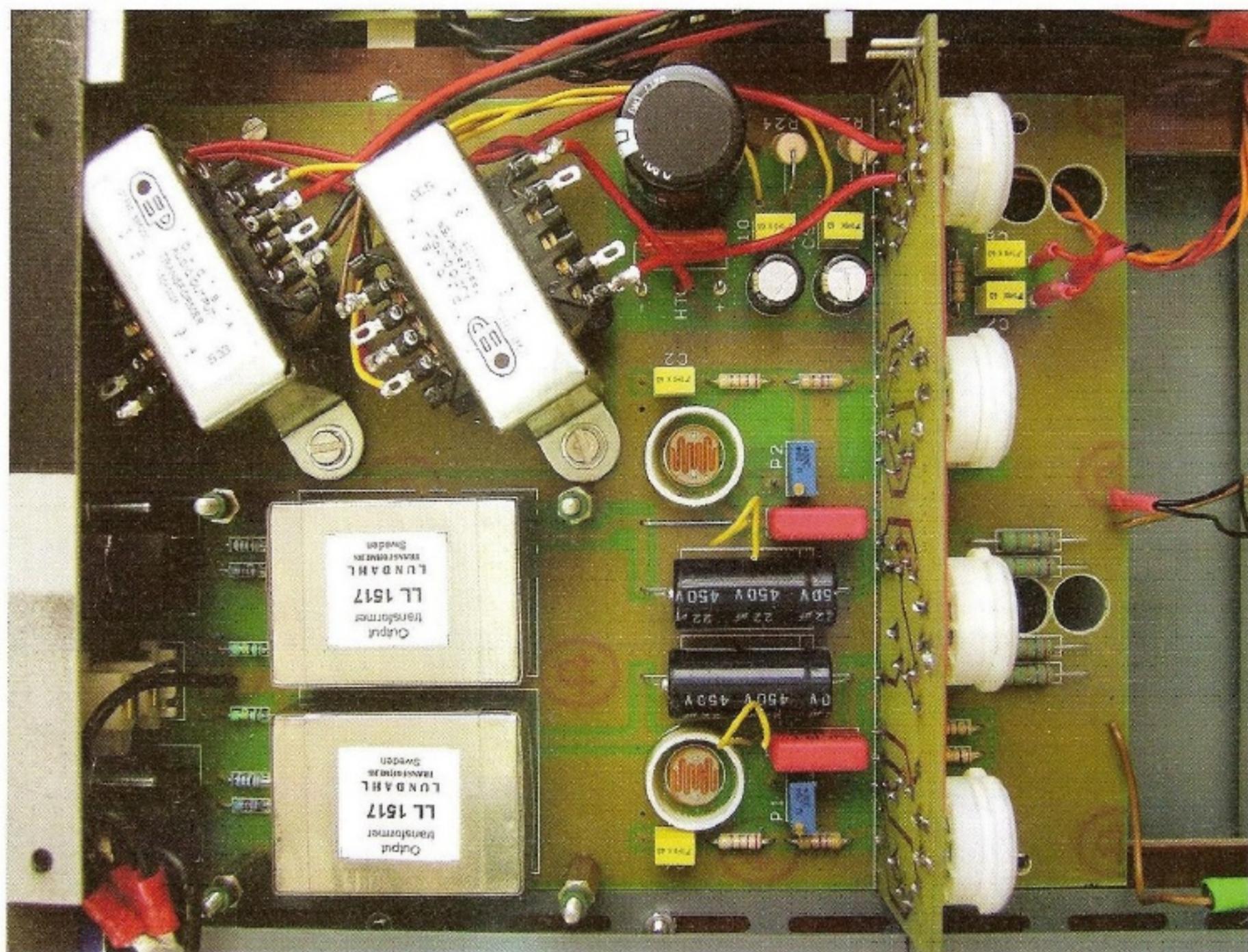


Photo H : Carte de base

Circuit Amplificateur	Valeur	Volt/Puiss.	Tol/Type	Pas (mm)
6 C1,C2,C7,C8,C9,C10	1 $\mu$ F	63V	Radial	5
3 C3,C4,C6	0,1 $\mu$ F	400V	Radial	15
2 C5,C6	10 $\mu$ F	400V	Axial	40
2 C11,C12	100 $\mu$ F	63V	Radial	5
1 C60	100 $\mu$ F	400V	Radial	10
2 P1,P2	220K	10T	Vertical	
1 P60	100K	Log	Stéréo	
2 Ph1,Ph2 (Voir Texte)				
2 R1,R2	22K	1/2W	5%	
6 R3,R4,R17,R18,R25,R26	4,7K	1/2W	5%	
2 R5,R6	100K	1/2W	5%	
4 R7,R8,R11,R12	1K	1/2W	5%	
2 R9,R10	10K	1/2W	5%	
4 R13,R14,R15,R16	27K	2W	5% MO	Metal Oxyde
2 R19,R20	2,2M	1/2W	5%	
2 R21,R22	220K	1/2W	5%	
2 R23,R24	3,3K	2W	5% MO	
2 R31,R32	300	1/4W	1% MF	Metal Film
2 R33,R34	270	1/4W	1% MF	
2 TR1,TR2 (Voir Texte)	LL1517		Lundahl	
2 TR3,TR4 (Voir Texte)	N35A002F		OEP	
2 V1,V2	ECC81			
2 V3,V4	ECC99			

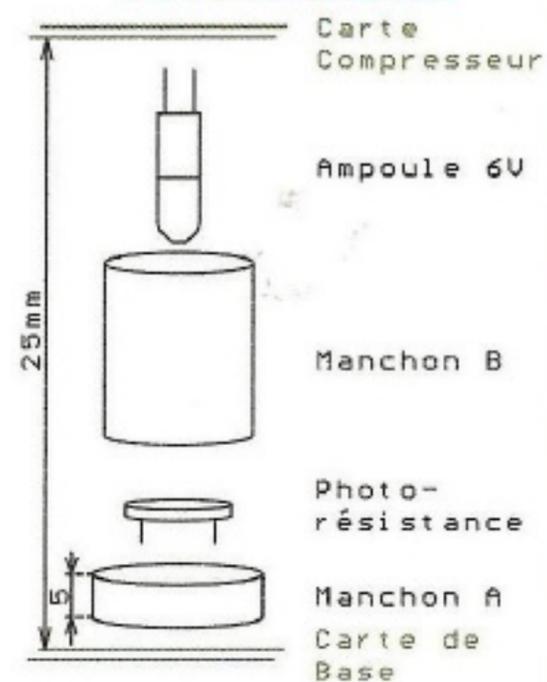


Figure 16 : Montage de la photocellule

# ENSEMBLE DE PRISE DE SON

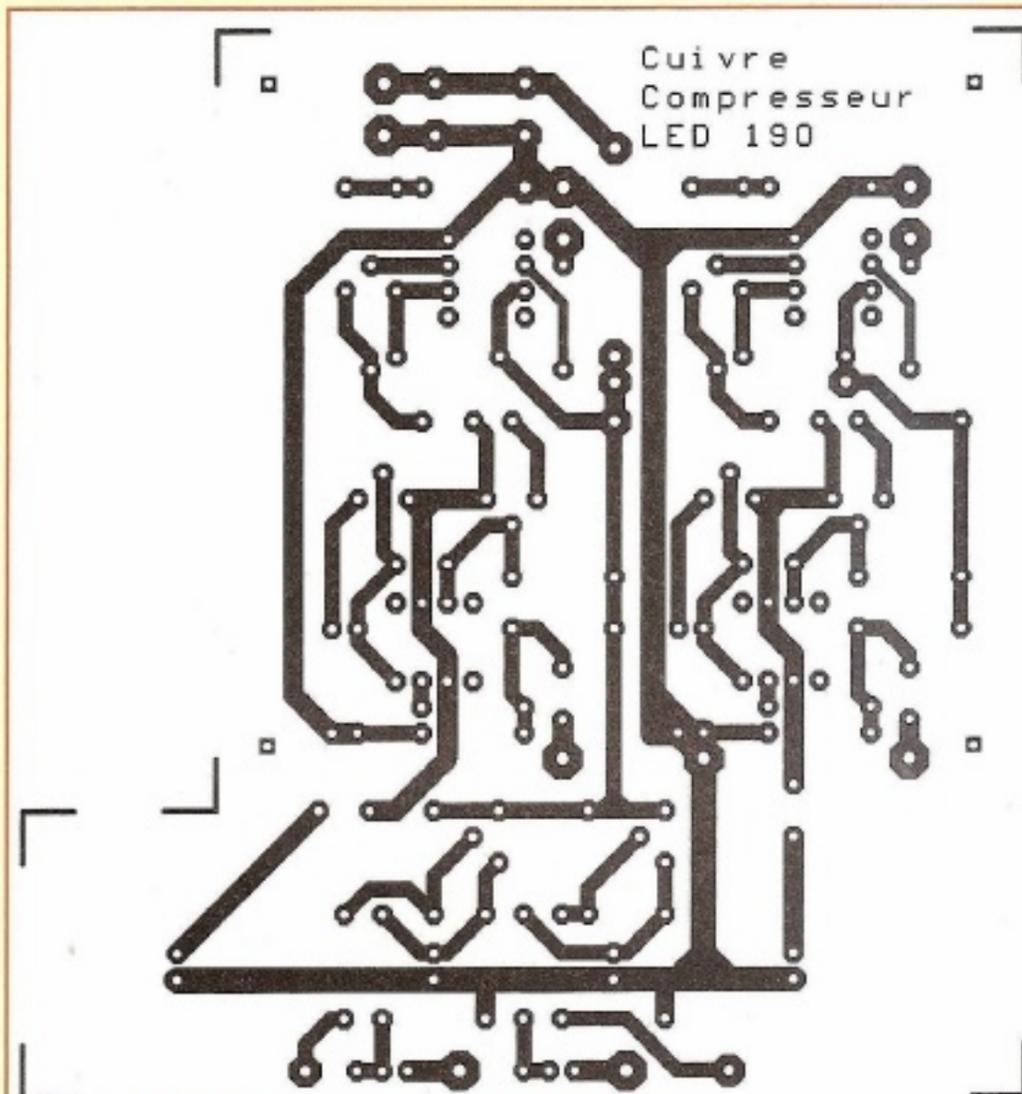


Figure 17 : Carte de compression. Circuit imprimé

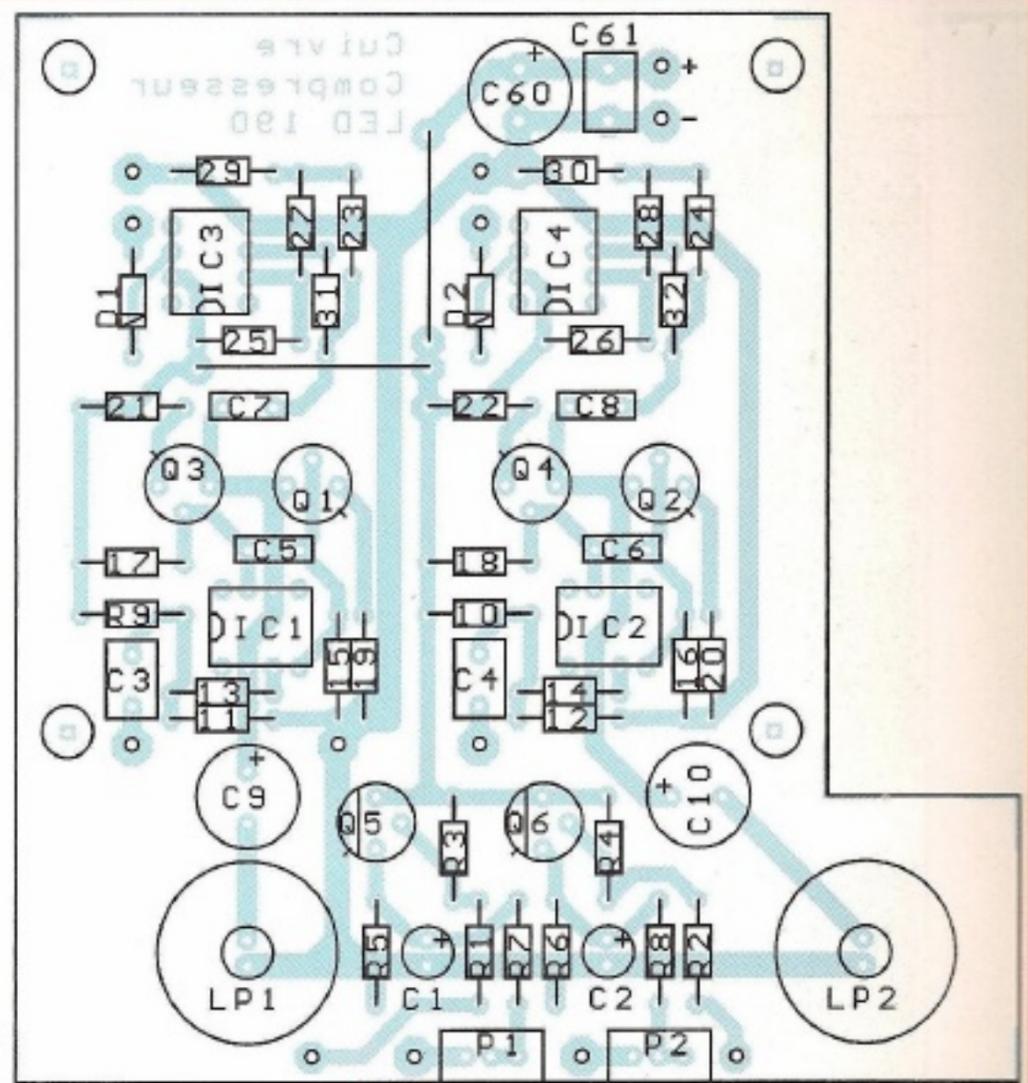


Figure 18 : Carte de compression. Emplacement des composants

Circuit Compresseur	Valeur	Volt/Puiss.	Tol/Type	Pas (mm)
2 C1,C2	4,7 $\mu$ F	25V	Radial	2,54
2 C3,C4	0,47 $\mu$ F	63V	Radial	5
2 C5,C6	1nF	100V	Radial	5
2 C7,C8	0,1 $\mu$ F	100V	Radial	5
2 C9,C10	470 $\mu$ F	16V	Radial	5
1 C60	220 $\mu$ F	35V	Radial	5
1 C61	1 $\mu$ F	63V	Radial	5
2 D1,D2	Zener 4,7V	400mW		
2 D3,D4	LED Rouge	12V		
2 IC1,IC2	LF356			
2 IC3,IC4	741			
2 LP1, LP2	6V	60mA	Radial	2,54
2 P1,P2	47K	10T	Vertical	
2 P3,P4	10K + switch		Lin	
2 R1,R2	27K	1/4W	1% MF	Metal Film
2 R3,R4	1M	1/4W	1% MF	
6 R5,R6,R25,R26,R29,R30	100K	1/4W	1% MF	
2 R7,R8	22K	1/4W	1% MF	
6 R9,R10,R11,R12,R23,R24	220K	1/4W	1% MF	
4 R13,R14,R31,R32	10K	1/4W	1% MF	
4 R15,R16,R17,R18	100	1/4W	1% MF	
4 R19,R20,R21,R22	10	1/4W	1% MF	
2 R27,R28	6,8K	1/4W	1% MF	

Photo 1 : Carte de compression



Cette carte sera enfichée en fin de montage de la carte de base.

## LA CARTE DE BASE

Les photos H et G présentent la carte de base assemblée.

La carte de base (152,5 x 198 mm) est solidaire du châssis intermédiaire (figure 14). Le marquage des six trous de fixation dans les deux languettes en Tufnol se fait avant le montage des divers composants (figure 7, photo C).

Après avoir soudé les trois connecteurs sur la carte, centrer l'ensemble sur les languettes et marquer avec précision, sur le panneau arrière, les divers trous de passages. Après perçage de ceux-ci, fixer l'ensemble au panneau arrière, mar-

# AMPLIFICATEUR DE LIGNE ET COMPRESSEUR

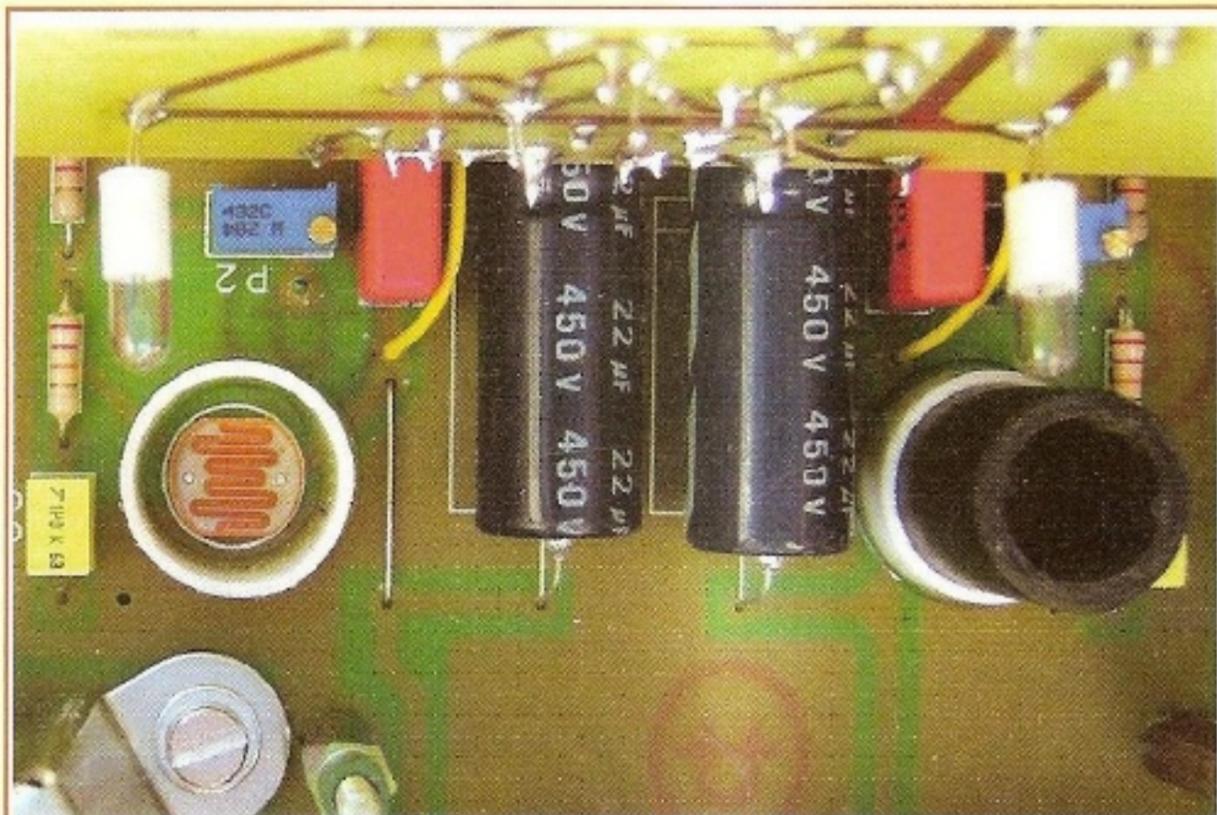


Photo J : Collage des deux manchons guides



Photo K : Raccordement des masses

Figure 19 : Écran opaque pour éliminer toute entrée de lumière



quer et percer les six trous (M3) dans les languettes en Tufnol. Après s'être assuré du positionnement correct, procéder au montage des composants (figure 15).

La carte compresseur est couplée à la carte de base par quatre entretoises M3 M-F de 25 mm (figure 7, photo H).

Avant de souder les deux photorésistances, il y a lieu de coller les deux manchons guides (photos H et J).

Pour notre réalisation, ces deux manchons sont fabriqués à partir de têtes de couplage de tubes électriques en PVC de 5/8 (16 mm) utilisés dans la construction et coupés proprement à 5 mm. Dans ces manchons, vient s'emboîter un autre manchon fabriqué à partir de tube électrique de 5/8, dont la longueur est ajustée en fonction de la hauteur de carte de compression à  $\pm 22$  mm.

Il est aussi possible d'utiliser un bout de tuyau en polyéthylène noir (Socarex) de 16 mm (figure 16, photo J).

Il existe plusieurs types de connecteurs XLR pour circuit imprimé et ils ne sont pas compatibles. Le dessin de la carte est prévu pour les XLR de Selectronic type NC3F-FBH2 (réf. 50.4320-10).

La carte des tubes est enfichée et soudée en dernier lieu.

Il n'y a pas de liaison par le circuit imprimé du signal d'entrée issu du connecteur RCA.

Celle-ci se fait par deux fils fins (type Kynar) qui courent sous la carte et joignent les condensateurs C1/2 (photo C).

## LA CARTE DE COMPRESSION

Le circuit imprimé de la carte de compression fait l'objet de la figure 17.

L'assemblage de la carte de compression ne pose pas de problème particulier (figure 18).

**Les ampoules sont soudées sous la carte, côté soudure**, en prenant soin de les positionner contre les photorésistances, mais sans pression due au serrage des quatre écrous de fixation.

Cette carte reçoit le signal de pilotage des vumètres de la carte de base via deux fils (photos H et I).

# ENSEMBLE DE PRISE DE SON

Après la mise en service et le réglage de la carte, celle-ci sera couverte par un écran opaque afin d'éliminer toute entrée de lumière via les trous de ventilation du capot supérieur (figure 19, photos A, B et D). En effet, sous l'action d'éclairages violents et malgré le tubage, les photorésistances sont influencées et réduisent légèrement le gain total.

## LES MASSES

Tous les circuits sont isolés électriquement du châssis et reliés en un seul point près de l'entrée (photos B et K).

Un socle pour fiche banane fournit une prise de masse extérieure destinée à être reliée au préamplificateur micro.

La peinture des deux capots aux trous de fixation arrière gauche est enlevée à l'aide d'un forêt. Une vis à tête conique et une rondelle « éventail » assurent le contact électrique.

Le côté droit du châssis et l'écran en fer doux sont aussi reliés électriquement au point de masse. En effet, la peinture étant excellente, il n'y a pas de contact via les vis du châssis intermédiaire.

Le pied de la self de filtrage et les deux écrans du transformateur sont reliés au même point de masse.

## MISE SOUS TENSION

Une première mise sous tension est effectuée sans les tubes et sans la carte de compression, de préférence avec un auto-transformateur réglable (Variac). Vérifier la présence des 24,6 Vdc des filaments et 360 Vdc de HT.

Débrancher et laisser les condensateurs se décharger, placer les tubes V1, V2 et V3. Monitorer la tension des cathodes de V3 (ECC99) sur R13/14 et remettre sous tension. Cette tension doit se stabiliser vers 180 Vdc.

Débrancher, placer V4 (ECC99), monitorer la tension des cathodes sur R23/24 et remettre sous tension. La tension doit se stabiliser vers 43 Vdc.

Dans cette configuration, avec les photorésistances visibles, le gain, ou plutôt

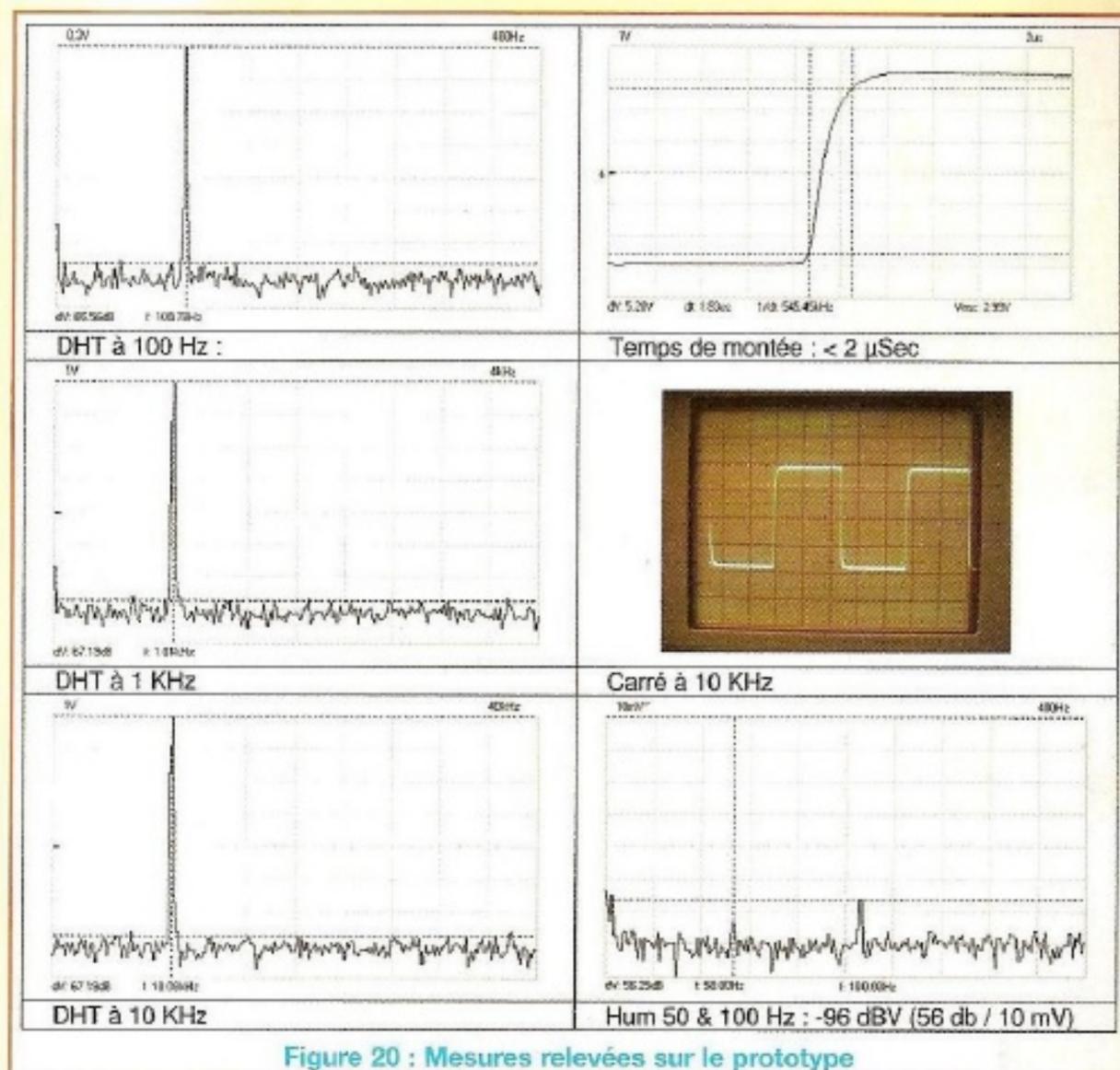


Figure 20 : Mesures relevées sur le prototype

l'atténuation, est de l'ordre de 30 dB, dépendant de la lumière ambiante.

Injecter dans chaque canal un signal à 1000 Hz de 1 Vac et vérifier la présence du signal fortement atténué en sortie.

En éliminant toute source lumineuse, le gain doit remonter vers 0 dB. La carte de base est alors fonctionnelle.

Placer et raccorder la carte de compression comme décrit plus haut. Mettre sous tension et vérifier la polarisation des deux amplificateurs en mesurant la tension sur le collecteur (boîtier) des transistors. Celle-ci doit impérativement être de 12,3 Vdc.

## RÉGLAGE DE L'AMPLIFICATEUR

Injecter une tension de 1 Vac/1 kHz en entrée et mesurer la tension en sortie sous une charge de 600  $\Omega$  (2 x 1 200  $\Omega$  en parallèle).

Positionner les deux potentiomètres du

panneau avant au minimum (switch ouvert).

Le réglage final doit être effectué dans l'obscurité : ajuster P1/2 de la carte de base pour une tension de 1 Vac en sortie. Ajuster ensuite P1/2 de la carte compresseur pour obtenir 0 dB/100% au vumètre. Il est possible d'ajuster le vumètre à 0 dB/100 % pour un signal d'entrée de 1,23 Vac afin de répondre à la norme professionnelle de + 4 dBm (2,5 mW) dans 600  $\Omega$ . Si c'est le cas, il faut faire de même au niveau du préamplificateur microphone (Led n°189, page 42) et régler le vumètre à 0 dB/100 % pour 1,23 Vac de sortie.

Vérifier que ces réglages ne changent pas après la pose de l'écran opaque et du capot supérieur, sinon il faut réajuster.

## MESURES

Toutes les mesures nécessitant un signal d'entrée sont faites en injectant un signal

# AMPLIFICATEUR DE LIGNE ET COMPRESSEUR

Entrée dB Volt	Sortie - Comp 90% dB Volt (600 Ohm)	Sortie - Comp 10% dB Volt (600 Ohm)
-50,0	-50,0	-50,0
-48,0	-48,0	-48,0
-46,0	-46,0	-46,0
-44,0	-44,0	-44,0
-42,0	-42,0	-42,0
-40,0	-40,0	-40,0
-38,0	-38,0	-38,0
-36,0	-36,0	-36,0
-34,0	-34,0	-34,0
-32,0	-32,0	-32,0
-30,0	-30,0	-30,0
-28,0	-28,0	-28,0
-26,0	-26,0	-26,0
-24,0	-24,0	-24,0
-22,0	-22,0	-22,0
-20,0	-20,0	-20,0
-18,0	-18,0	-18,0
-16,0	-16,0	-16,0
-14,0	-14,8	-14,0
-12,0	-13,8	-12,0
-10,0	-13,0	-10,0
-8,0	-12,3	-8,0
-6,0	-11,8	-6,0
-4,0	-11,3	-4,0
-2,0	-10,8	-2,0
0,0	-10,3	0,0
2,0	-9,8	2,0
4,0	-9,4	4,0
6,0	-8,9	5,2
8,0	-8,5	6,2
10,0	-8,1	7,0
12,0	-7,6	7,7
14,0	-7,2	8,2
16,0	-6,6	8,7
18,0	-6,2	9,2
20,0	-5,7	9,7
22,0	-5,2	10,2
24,0	-4,7	10,6
26,0	-4,2	11,1
28,0	-3,7	11,5
30,0	-3,2	11,9
32,0	-2,7	12,4
34,0	-2,1	12,8

Figure 21 : Données de compression relevées sur le prototype

de 1 Vac pour une sortie de 1 Vac dans 600 Ω (gain : +0 dB).

Le temps de montée est de 1,83 μs, ce qui correspond à une bande passante de 190 kHz du préamplificateur :

$$F(-3dB) = 0,35/T.$$

La mesure du ronflement à 50 Hz et de l'ondulation résiduelle à 100 Hz donne moins de 56 dB sur l'échelle 10 mVac, soit une mesure « Hum & noise » de

- 96 dBV en sortie.

Ce niveau de bruit nous garantit un rapport signal/bruit supérieur à 90 dB.

## MESURES DE LA PARTIE COMPRESSEUR

**En statique**, nous injectons un signal que nous augmentons en pas de 2 dB à partir de - 50 dBV.

Nous avons mesuré la compression sous

deux consignes : 90 % et 10%, ce qui correspond à un seuil de compression à -10 dBV (300 mVac) et +10 dBV (3 Vac).

**En dynamique**, nous injectons un signal qui subit un échelon de tension de 10 ou 20 dB et mesurons le comportement du signal en sortie.

Le temps de déclenchement, aussi appelé « Attack time » est de 20 ms.

Le temps de relâchement « Recovery

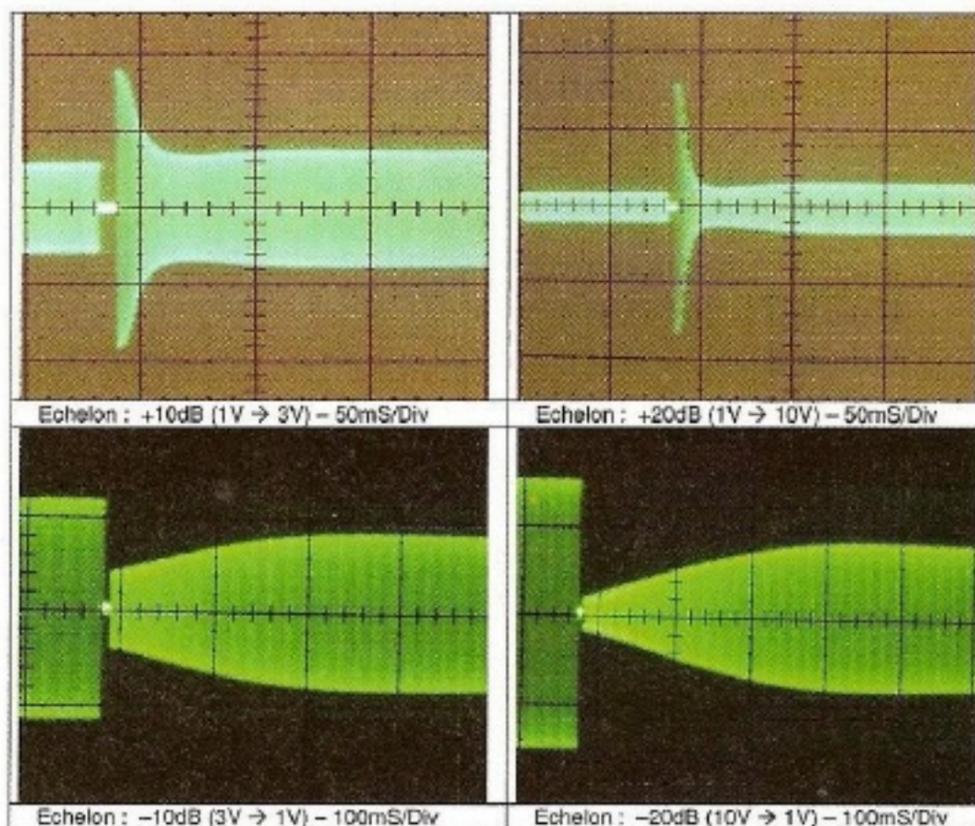


Fig. 23 : Mesure dynamique de la compression relevée sur le prototype

Caractéristiques Techniques	
Réponse en fréquence +0 / -1dB	15 Hz → 90 KHz à 0 dBV
Réponse en fréquence +0 / -3dB	15 Hz → 150 KHz à 0 dBV
Temps de montée	< 2 μSec
Gain	0 dB dans 600 Ohm
Taux de compression	4/1
Seuil de compression minimum	-14 dBV (200mVac)
Taux de distorsion 1Vac 100Hz → 10KHz	< 0,1% (Typ: 0,03%)
Bruit reporté à l'entrée	< 10μV
EIN (Equivalent Input noise)	-100 dBV
Ronflement en sortie 50 & 100 Hz	< 90 dBV
Rapport S/N	> 90 dB Lin (1 Vac dans 600 Ohm)
Signal de sortie maximum à 1% DHT	6 Vac (+18dBm) dans 600 Ohm (Freq > 100 Hz)
Impédance de sortie	600 Ohm - Balancé - Isolé
Signal de sortie nominal	1 Vac - 600 Ohm (0 dB / 100%)
Impédance d'entrée	20 Kohm
Diaphonie 100Hz	> 80 dB
Diaphonie 1KHz	> 80 dB
Diaphonie 10KHz	> 70 dB
DHT Casque 100mW	< 1 %
DHT Casque 30mW	< 0,5 %
Réponse en fréquence +0 / -1dB (10 mW)	30 Hz → 25 KHz
Réponse en fréquence +0 / -3dB (10 mW)	15 Hz → 35 KHz
Temps de montée	10 μSec
Impédance de sortie	8 Ohm
Facteur d'amortissement à 1 KHz	9
Connecteur d'entrée	RCA
Connecteur de sortie	XLR 3 broches
Consommation	230 V - 0,32 A - 75 VA
Dimensions	300 x 280 x 65mm
Poids	5,1 Kg

# ENSEMBLE DE PRISE DE SON



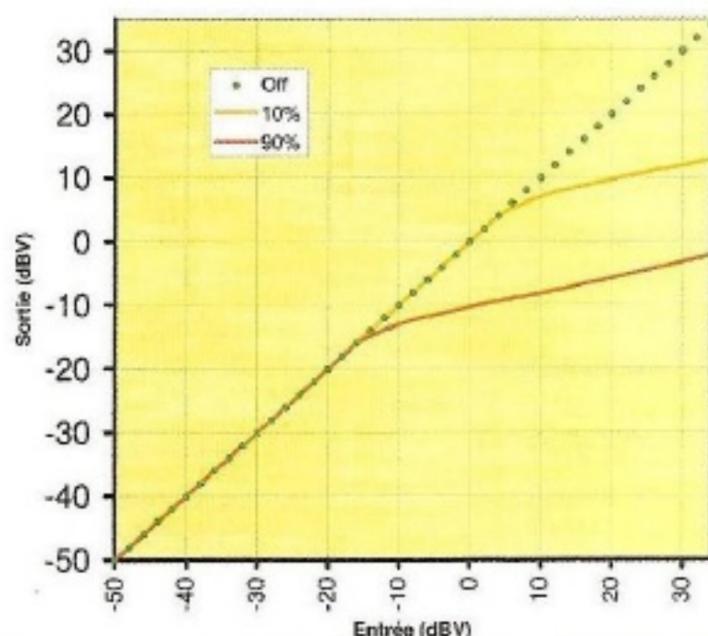
Photo L : Mesures DHT: 0,026 % à 1 Vac 1 kHz

## DIVERS

- 4 Support tube noval céramique pour PCB
- 3 Fils de raccordement des LED
- 1 Interrupteur DPDT
- 3 Boutons "Volume" 6 mm
- 1 Socle Jack 6,35 mm stéréo
- 2 VU-mètre
- 1 Chassis 305x279x65 mm
- 1 Porte fusible chassis (20 mm)
- 1 Interrupteur thermique - Coupure à 75°C
- 1 Socle fiche banane
- 1 Socle RCA pour PCB
- 2 Socle XLR - 3 contacts pour PCB
- 2 Mica isolant TO220
- 1 Socle mâle 230V/1A pour chassis

Nomenclature complémentaire

Figure 22 :  
Mesure statique de la compression relevée  
sur le prototype



## Fournisseurs des composants spécifiques - Liste des fournisseurs non-exhaustive

Transformateur d'alimentation	ACEA Réf: 7134: <a href="http://www.acea-fr.com">www.acea-fr.com</a>
Coffret	Radiospares Réf: 224-004
Tufnol	Radiospares Réf: 374-418
XLR - Socle pour PCB	Sélectronic Réf: 50.4320-10
Mètre SIFAM	Radiospares Réf: 201-0318
Cache SIFAM	Radiospares Réf: 196-8676
Lundahl LL1517	AudioPlus (Fr): <a href="http://www.audioplus.fr">www.audioplus.fr</a>
OEP N35A002F	Ceres (Fr): <a href="http://www.ceresaudio.com">www.ceresaudio.com</a>
Self de filtrage Hammond 156L	JacMusic (De): <a href="http://www.jacmusic.com">www.jacmusic.com</a>
Pont B90 - 50V/6A	DiyParadisio (Be): <a href="http://www.diyparadisio.com">www.diyparadisio.com</a>
C23/C24 10µF / 450V / Hi-Q	OEP (UK): <a href="http://www.oep.co.uk">www.oep.co.uk</a>
Cadrans 0 - 100%	Vintage HI-FI (Italie): <a href="http://www.tubes.it">www.tubes.it</a>
Boutons diam: 15mm	Radiospares Réf: 227-8463
Cache écrou dito	Radiospares Réf: 226-7261
Index dito	Conrad Réf: 711659
Photo-résistance	Radiospares Réf: 225-710
Ampoule 6V	Radiospares Réf: 225-877
Socle secteur 1 A pour châssis	Radiospares Réf: 225-928
Fiche et câble pour LED	Radiospares Réf: 234-1050
Picots mâles (1,3 mm)	Radiospares Réf: 586-374
Cosses femelles (1,3 mm)	Conrad Réf: 735620
	Conrad Réf: 741213
	Conrad Réf: 526274
	Conrad Réf: 526258

time » est de 300 ms (figures 2 et 23). A noter que le court passage à zéro constaté sur les chronogrammes est causé par la commutation du switch du générateur.

### COMPLÉMENT D'INFORMATION

Au sujet de la première partie de l'article, des questions de nos lecteurs concernaient la possibilité d'utiliser une alimen-

tation fantôme pour alimenter ce type de micro.

Le circuit d'entrée est symétrique, d'impédance 2 400 Ω et flottant.

Il y a donc possibilité de raccorder les deux résistances de 6,8 kΩ aux primaires du transfo Lundahl et de tirer le +48 Vdc de la HT. Le problème se situe cependant au niveau du signal généré par ce type de micro: de l'ordre de 20 à

100 mVac alors que le préamplificateur est conçu pour des microphones à ruban et dynamiques présentant une sensibilité de l'ordre de 1 mVac. Si l'intérêt est confirmé, nous étudierons la réalisation d'un préamplificateur pour ce type de microphone.

N'hésitez pas à me contacter par courriel à l'adresse [jl.vandersleyen@skynet.be](mailto:jl.vandersleyen@skynet.be)

Jean-Louis Vandersleyen

## ENSEMBLE HOME CINEMA

### Modulaire et de qualité audiophile

#### DU KTR 5725 STÉRÉO AU KTR 5725 À 8 VOIES

Le préamplificateur stéréo, décrit à titre pédagogique dans Led n°s 182 et 183, remporte toujours autant de succès, comme en témoigne le forum du site Homecinema-fr.com. Les internautes considèrent qu'il s'agit là d'un excellent produit, compte tenu en particulier de son très faible prix de revient, de sa facilité de construction et de la reproductibilité de ses performances.

**D**es écoutes comparatives, réalisées avec des produits commerciaux beaucoup plus onéreux ou des préamplificateurs décrits et présentés comme des références, ont été effectuées aux quatre coins de l'Hexagone. Les comptes-rendus d'écoutes sont particulièrement flatteurs et élogieux (<http://www.homecinema-fr.com/forum/view-topic.php?t=29782476>). Nous reviendrons prochainement sur une version stéréo encore plus élaborée qui tiendra compte des quelques remarques des très nombreux réalisateurs et utilisateurs.

#### LE PRÉAMPLIFICATEUR

Avec la version 8 voies, l'expérience a montré que le transformateur d'alimentation ACEA était moins « bruyant » que le transformateur torique Arabel monté sur le prototype, pour lequel il faut prévoir une cloison métallique supplémentaire reliée à la masse entre le transformateur et la première série de tubes. Certains lecteurs ont monté trois ou quatre kits stéréo pour constituer un ensemble 6 ou 8 voies. Le problème du réglage du niveau des différentes voies est solutionné par l'utilisation de deux potentiomètres 4 voies motorisés ou quatre potentiomètres 2 voies motorisés et commandés par un kit de télécom-

mande infrarouge. Un exemple étant le kit Selectronic.

Le nouveau transformateur ACEA délivre une HT de 300 V, ce qui augmente la tension de saturation de l'entrée qui passe à 3 V.

En ce qui me concerne, j'utilise maintenant le kit 8 voies en 6 voies, dont deux symétriques (voir **photo A**), ce qui a nécessité l'installation d'entrées et de sorties XLR (**photo B**).

À la demande d'utilisateurs, j'ai installé deux interrupteurs supplémentaires qui coupent le chauffage filaments des voies 5 et 6 d'une part, et 7 et 8 d'autre part. Cette opération chirurgicale est très facile à réaliser, il suffit de couper les deux pistes « filaments » au niveau des ponts, coté cuivre, et d'inclure un interrupteur double chargé de rétablir le circuit.

Si on reprend la tension à la sortie de l'alimentation, alors on peut rétablir le circuit de chauffage, soit sur les voies 5 et 6, soit sur les voies 7 et 8.

Cette dernière solution est à privilégier. Si on se contente de rétablir le contact des connexions coupées, alors le premier interrupteur commande les voies 5, 6, 7 et 8 et le second les voies 7 et 8. Il n'est alors plus possible d'alimenter les voies 7 et 8 sans les voies 5 et 6. On peut alors utiliser 4 voies en 2 voies symétriques pour la stéréo ou ces 4 voies en asymétrique + 2 voies pour le Home

Cinéma 5.1 ou les 8 voies asymétriques pour le Home Cinéma 7.1. Les préamplificateurs fournissent une tension de sortie pouvant atteindre 60 Veff.

Les amplificateurs ont été conçus en tenant compte de cette spécificité, ils ont donc une très faible sensibilité d'entrée.

#### LE RACK

La version 8 voies du préamplificateur est illustrée, montée dans un rack Arabel standard en tôle galvanisée peinte d'une peinture plastique de bel effet. La face avant peut être fournie en noir ou en aluminium anodisé.

Les dimensions du circuit imprimé sont calculées pour qu'il entre parfaitement dans le coffret. Aucun espace libre n'existe ni sur les côtés, ni vers l'arrière. En face arrière, la place est suffisante pour implanter les quatre fiches XLR supplémentaires pour le fonctionnement en symétrie intégrale, en plus des 16 fiches RCA et de la fiche secteur.

Enfin, en face avant, outre l'interrupteur général, le voyant de mise sous tension et le réglage unique de volume, on pourra installer les deux interrupteurs et les deux voyants leds associés à la coupure « filaments » des voies 5 et 6, d'une part et 6 et 7 de l'autre.

On notera que, très simple voire un peu rustique, le dispositif mécanique de couplage des quatre potentiomètres doubles donne une grande souplesse et une grande précision de réglage sans interférer avec la partie électronique du système (voir Led n°s 183 et 184).

Les différentes photos annexées illustrent parfaitement ces adaptations consécutives à quinze mois d'utilisation intensive.

#### LES AMPLIFICATEURS

Les amplificateurs étaient initialement prévus pour être montés dans des racks au standard 19 pouces de trois unités de hauteur, comme le montre l'illustration du préampli 7.1 (photo A) et de l'ampli 2 x 30 W (voir Led n°189).

Les circuits imprimés ont néanmoins été étudiés pour pouvoir être montés dans les châssis Tub'Ox commercialisés par les annonceurs de la revue.

Dans ce cas, certains composants seront montés, si nécessaire, sur la face opposée pour des raisons d'encombrement.

## L'ALIMENTATION

L'alimentation stabilisée (décrite dans *Led* n°187) délivre 250 V/500 mA pour la partie amplificatrice à tubes 6005 et 230V pour le déphaseur.

Il ne s'agit pas d'une alimentation régulée, c'est-à-dire qui réagit *a posteriori* aux variations de tension, mais bien d'une alimentation à tension stabilisée, quel que soit le courant demandé, dans la limite des 500 mA.

On peut assimiler cette alimentation à une batterie « virtuelle » de résistance interne quasi nulle.

Elle fait partie intégrale du projet et participe à l'absence d'instabilité des amplis, malgré le nombre de tubes montés en parallèle.

## L'AMPLIFICATEUR 2 x 10 W

Il vous a été présenté dans *Led* n°188. Monté sur un châssis Tub'Ox en tôle inox de forte épaisseur, celui-ci est visible en **photo C**.

On notera que les deux transformateurs de sortie sont directement fixés sur le circuit imprimé, **sans les boîtiers**, alors que ces derniers sont fixés directement sur le châssis.

Le châssis Tub'Ox dispose sur le bandeau arrière d'un trou central pour fixer la fiche d'alimentation secteur avec fusible intégré (réf. ALXPFF001 chez Electronique Diffusion) et de plusieurs trous latéraux pour fixer les entrées BF et les sorties HP.

Le bandeau avant est équipé de deux trous qui seront utilisés pour l'interrupteur M/A et le voyant de mise sous tension.

Le module ne présente aucune difficulté, ni de montage, ni de réglage.



Photo A : Le préamplificateur câblé et prêt à l'emploi



Photo B : Utilisation de prises XLR pour des entrées/sorties symétriques

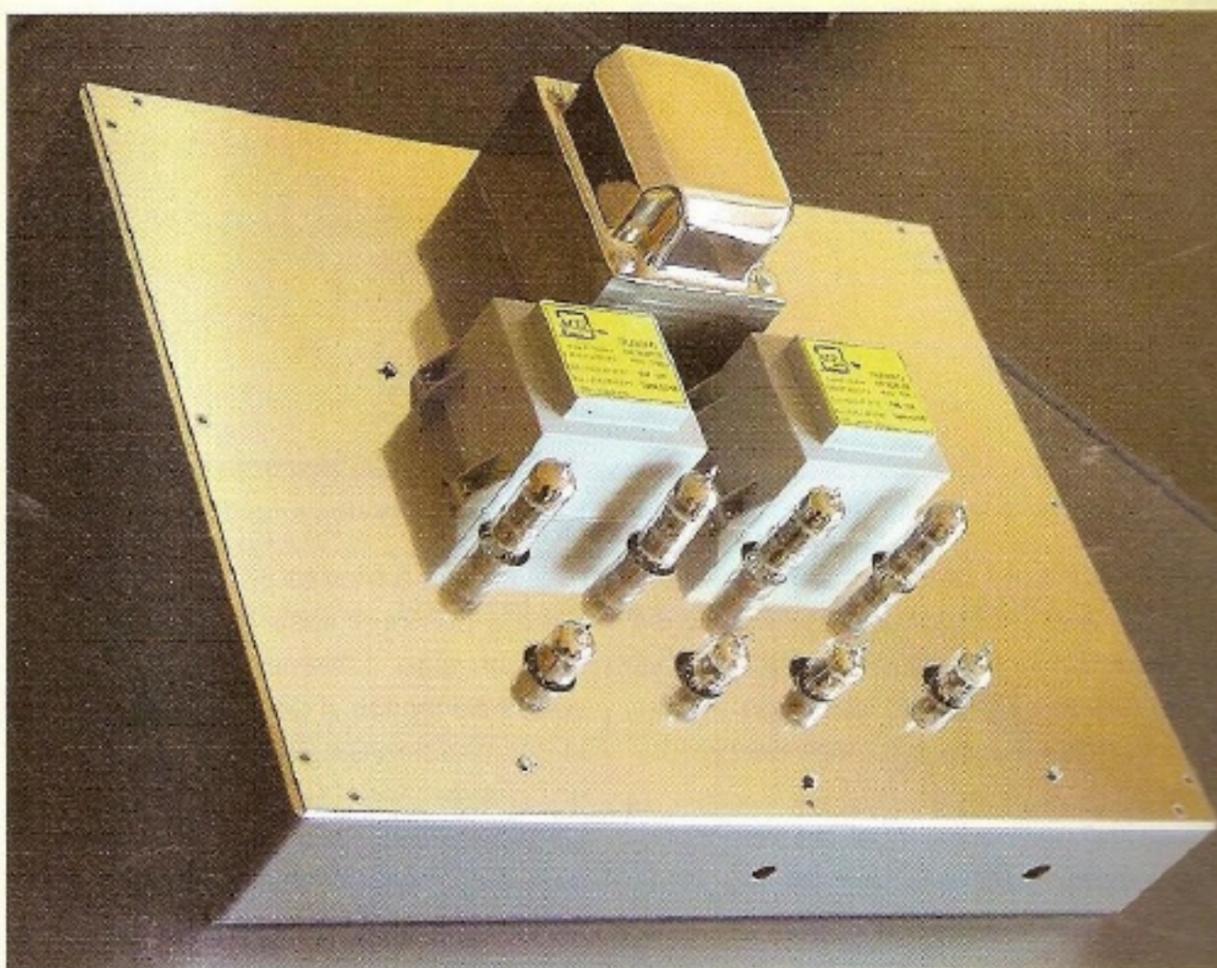


Photo C : Amplificateur 2 x 10 W utilisant un châssis Tub'Ox

## ENSEMBLE HOME CINÉMA MODULAIRE



Photo D : L'amplificateur de 50 W monté sur un châssis Tub'Ox

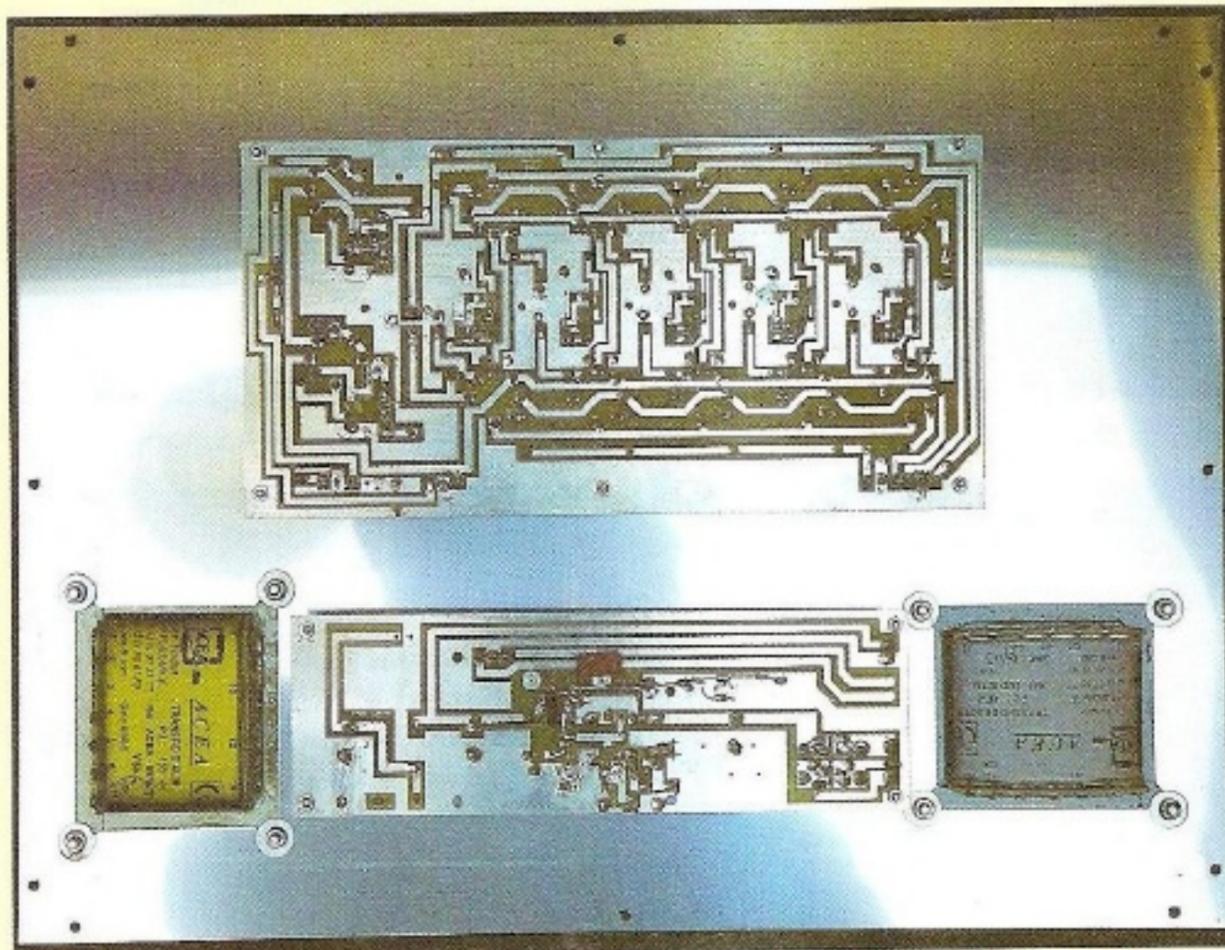


Photo E : La fixation des modules et des transformateurs de l'amplificateur 50 W

### L'AMPLIFICATEUR 2 x 30 W

Il a été décrit dans *Led* n°189 dans sa version Rack, un simple boîtier Arabel (Electronique Diffusion) identique à celui du préampli 7.1 en 250 mm de profondeur.

Ce coffret permet de loger les trois transformateurs, l'alimentation et les deux cartes amplificatrices.

L'amplificateur m'a agréablement surpris en écoute stéréo, comparativement à

mes amplis à triodes 845 et 211.

S'il n'a pas la finesse de la 211 dans le médium-aigu, il monte aussi haut et avec autant de facilité. Il descend plus bas que le 845 (version Single End), tout en ayant un grave aussi tendu et dynamique. L'image stéréo est remarquable de précision.

En un mot, une alternative basse tension aux amplis « Triodes » haute tension. Surprenant !

### LE RACK

L'amplificateur 2 x 30 W est illustré dans un rack Arabel.

Un châssis intérieur en aluminium est fourni, celui-ci pouvant être fixé sur les faces latérales à différentes hauteurs, tous les centimètres. Ce châssis est moins large que le boîtier extérieur pour permettre la ventilation.

Comme l'échauffement d'un ampli en classe A est important, nous avons découpé une fenêtre rectangulaire dans le châssis alu, fenêtre située juste au-dessus des « ouïes » de la face inférieure et sous les tubes 6005 de la voie située à l'avant.

Les « ouïes » de la face supérieure étant situées à l'arrière, on favorise de la sorte une bonne circulation d'air, permettant une ventilation juste suffisante pour les deux voies.

Bien entendu, il faut que les « ouïes » de ventilation hautes et basses restent dégagées.

Sur ce châssis, on vient fixer le transformateur d'alimentation complètement à droite et les deux transformateurs de sortie complètement à gauche.

Entre les transformateurs, il y a juste la place pour fixer le circuit imprimé alimentation sur huit entretoises de 15 mm.

Les deux circuits imprimés des amplificateurs sont fixés entre eux par trois tiges filetées de 19,5 cm de longueur, les tubes à l'intérieur et les composants à l'extérieur.

Cet ensemble est ensuite fixé sur le châssis alu, par quatre équerres installées dans chaque coin inférieur des circuits imprimés à l'aide de vis de  $\varnothing 3$ , dans les trous prévus à cet effet.

Les tubes déphaseurs 5725 sont positionnés coté transformateur d'alimentation, les tubes 6005 coté transformateurs de sortie.

Cet ensemble est d'une rigidité parfaite et permet un câblage très court.

Enfin, les nouveaux connecteurs enfichables utilisés autorisent un montage et un démontage très rapides en cas d'intervention.



Photo F : L'amplificateur de 50 W a été testé et écouté avec six transformateurs de sortie différents

## L'AMPLIFICATEUR 50 W

Le module de puissance a été décrit dans *Led* n°186. Nous vous le présentons ici monté sur châssis inox Tub'Ox (photo D).

Dans cette configuration, il est sans aucun doute l'amplificateur le plus facile à réaliser.

Il suffit de câbler les différents éléments entre eux : transformateur d'alimentation, carte alimentation, carte amplificatrice, transformateur de sortie, prises HP, audio, secteur... (photo E).

Les commentaires d'écoute sont les mêmes que pour la version 30 W, avec encore plus de « pêche » et de « jus » dans le grave. Idéal pour la musique actuelle !

Pour cet amplificateur, nous avons obtenu un jeu de transformateurs de sortie de différents fabricants, pour essais :

ACEA	Modèle 178
ACEA	Modèle 143/167
HEXACOM	Modèle 2K E40 %
MAGNETIC	Mod. spécial <i>Led</i> n°184
MILLERIOUX-SERDI	Modèle FH46B
SOWTER	

Tous ces transformateurs ont été calculés pour présenter une impédance primaire d'utilisation de 2 000  $\Omega$  avec fonctionnement en ultra linéaire, pour un courant primaire de 500 mA (photo F).

Les mesures physiques de ces transformateurs sont résumées dans le **tableau ci-contre**.

On note une très grande disparité des mesures entre transformateurs et une bonne symétrie des enroulements quel que soit le fabricant.

## LES CHÂSSIS TUB'OX

Ces châssis sont apparus récemment sur le marché. Ils existent en noir, peinture satinée ou en inox.

Les amplificateurs 2 x 10 W et mono 50 W sont illustrés avec ces modèles en inox.

Les châssis sont livrés pré-perçés, prêts à l'emploi.

Un petit ajustage peut néanmoins être nécessaire pour les transformateurs fixés sur le circuit imprimé.

Les bandeaux sont prévus pour installer un interrupteur et un voyant sur l'avant, et les fiches secteur, entrées BF et sorties HP, sur l'arrière.

## RÉGLAGES

La méthode ci-après s'applique indifféremment aux trois amplificateurs.

Commencer par régler la symétrie du déphaseur avec le potentiomètre RV2, pour avoir la même tension déphasée à la sortie de C5 et de C6.

L'usage d'un oscilloscope facilite bien entendu ce réglage.

Mesurer la tension aux bornes de R11 et R12 et la rendre égale avec RV4. On doit obtenir un débit d'environ 35 mA par tube. Cette valeur peut varier selon la qualité des tubes entre 30 et 40 mA.

Effectuer la même opération avec R13, R14 et ajuster avec RV5, puis R15 et R16 avec RV6. Ceci sur chaque voie.

Pendant ces réglages, **ne pas oublier de charger les transformateurs de sortie**, avec des résistances de 8  $\Omega$ /50 W.

	ACEA 178	ACEA 143/167	MAGNETIC Spécial Led	HEXACOM	MILLERIOUX SERDI	SOWTER
Dimensions carcasse	108 x 90	108 x 90	108 x 90	Boîtier 121 x 108 x 108	Boîtier 100 x 85 x 85	96 x 80
Nature empilement	Tôle à Tôle	Tôle à Tôle	Deux à deux	Invisible	Invisible	Tôle à Tôle
Poids	3780 G	3445 G	3405 G	5060 G	3035 G	2155 G
Épaisseur tôle	56 mm	48 mm	48 mm	?	?	38 mm
Résistance E1 en ohms	51.7	52.2	24.3	19	18.8	81.9
Impédance E1 en Henry	7.56	11.75	2.22	2.6	1.44	3.9
Résistance E2 en ohms	50.7	54.5	24.7	18.9	19.1	82.9
Impédance E2 en Henry	7.56	11.7	2.22	2.6	1.43	4.05

# ENSEMBLE HOME CINÉMA MODULAIRE

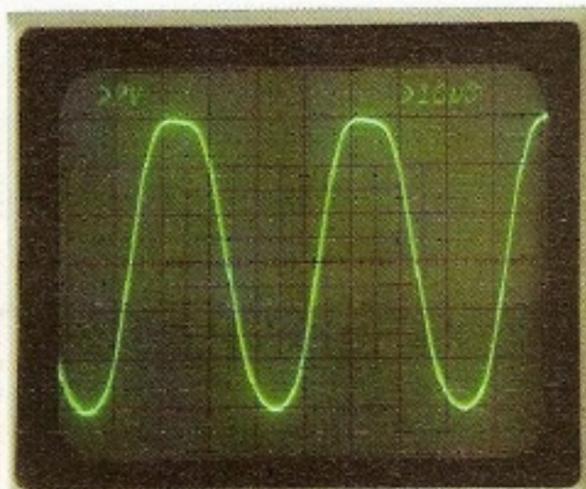


Photo G - Signal sinusoïdal à 20 kHz à la limite de l'écrêtage

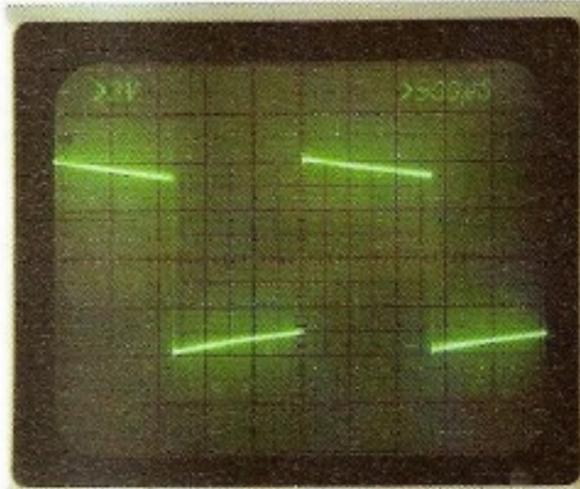


Photo H : Signal carré à 100 Hz de l'amplificateur version 2 x 30 W

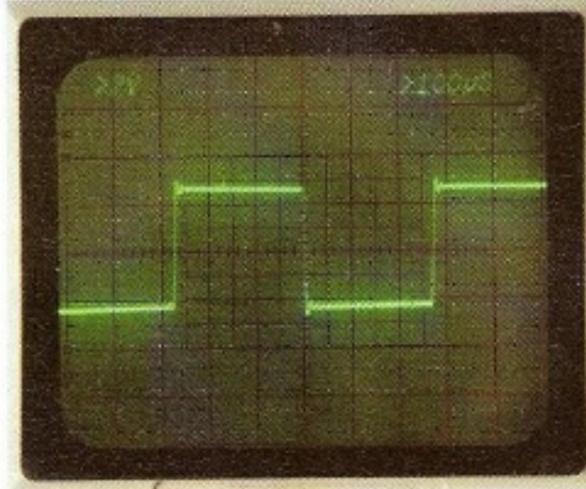


Photo I : Signal carré à 1 kHz de l'amplificateur version 2 x 30 W

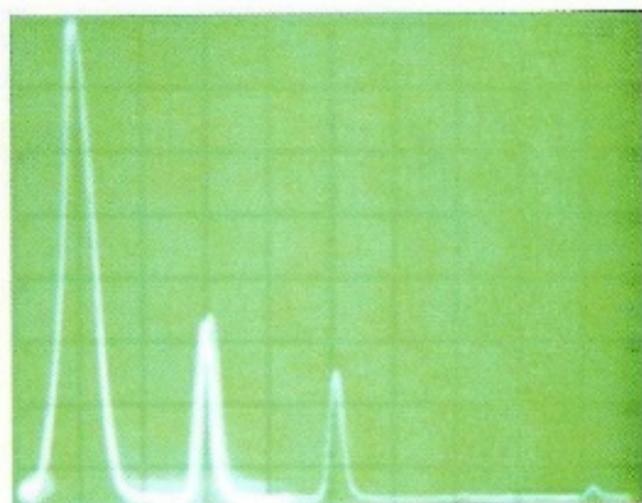


Photo J - Spectre de distorsion constitué d'harmoniques 3, 5 et d'un soupçon de 9

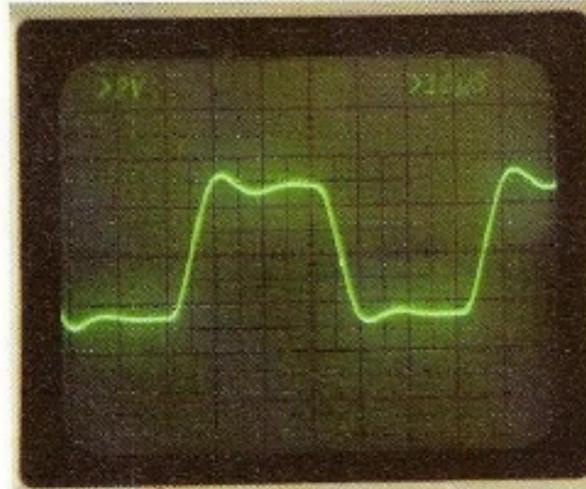


Photo K : Signal carré à 20 kHz de l'amplificateur version 2 x 30 W

## LES MESURES

### PROTOCOLE DE MESURE

Les mesures publiées pour les trois versions de nos amplificateurs ont été faites en incorporant dans la chaîne de mesure le préampli KTR 5725.

Le préamplificateur est donc attaqué par le générateur BF.

C'est ce signal amplifié qui est injecté dans l'entrée de l'amplificateur mesuré.

Bien que très faible, la distorsion apportée par le préamplificateur est donc incluse dans la distorsion mesurée sur les amplificateurs, **lesquels sont mesurés sans contre-réaction.**

Les mesures ont toutes été réalisées de la même façon et avec le même Audio Analyseur Automatique HP.

Elles sont donc comparables entre elles. Outre les mesures physiques, des pho-

tos de l'écran de l'oscilloscope ont été prises sur signaux sinusoïdaux et carrés à 100 Hz, 1 kHz et 20 kHz (voir **photos G à K**).

Le **tableau ci-dessous** reprend les mesures de l'amplificateur de 2 x 30 W. Elles sont similaires pour les autres versions, sauf en ce qui concerne la puissance.

### CONCLUSIONS

Cette longue réalisation a permis de mettre en évidence les qualités exceptionnelles du circuit KTR 5725 en version stéréo.

La version 7.1 permet, au choix, soit de conserver 8 voies asymétriques pour le

Home Cinéma Intégral, soit une utilisation mixte Stéréo et Home Cinéma.

Dans ce cas, l'utilisation de quatre voies asymétriques en deux voies symétriques est possible.

L'usage de deux voies symétriques ne s'impose pas, sauf si vous disposez d'un lecteur de CD à sorties symétriques ou d'un vrai amplificateur stéréo à entrées symétriques.

Dans tous les autres cas, seule l'écoute déterminera le meilleur choix.

En effet, si on dispose d'un lecteur de CD à sorties symétriques ou d'un ampli stéréo asymétrique, il n'est pas certain que le passage en asymétrique après le préamplificateur soit préférable au passage en asymétrique avant le préamplificateur.

Puissance de sortie	1,3 W	2 W	5,6 W	10,8 W	21,2 W	31,36 W
Distorsion	0,099 %	0,1008 %	0,305 %	0,42 %	0,95 %	4 %

Les amplificateurs ont été réalisés dans un but précis d'usage en Home Cinéma. Ils ne prétendent pas constituer un standard hi-fi.

J'ai surtout privilégié le maintien de l'image holographique et de la très grande bande passante donnée par le pré-amplificateur.

L'ensemble est très homogène, les mêmes circuits électroniques étant utilisés pour toutes les voies (mêmes schémas, mêmes tubes).

À l'écoute, cela se perçoit immédiatement : grave percutant et rapide, aigu ciselé, fin mais sans agressivité et perception des dialogues et des mouvements très nets.

On choisira de préférence l'ampli 50 W pour un éventuel caisson de grave, mais la présence, dans cet ensemble, est discutable et nullement indispensable compte tenu du rendu du grave qui descend très bas sur toutes les voies.

Pour les voies avant, le 30 W suffit largement, le 10 W étant réservé aux voies arrière.

Si toutes les enceintes ont un faible rendement (en dessous de 90 dB), prévoir alors des 50 W et un caisson de grave. Cet ensemble pour Home Cinéma est simple dans son principe, mais évidemment plus long à construire qu'un simple système stéréo dont il conserve toutes les qualités.

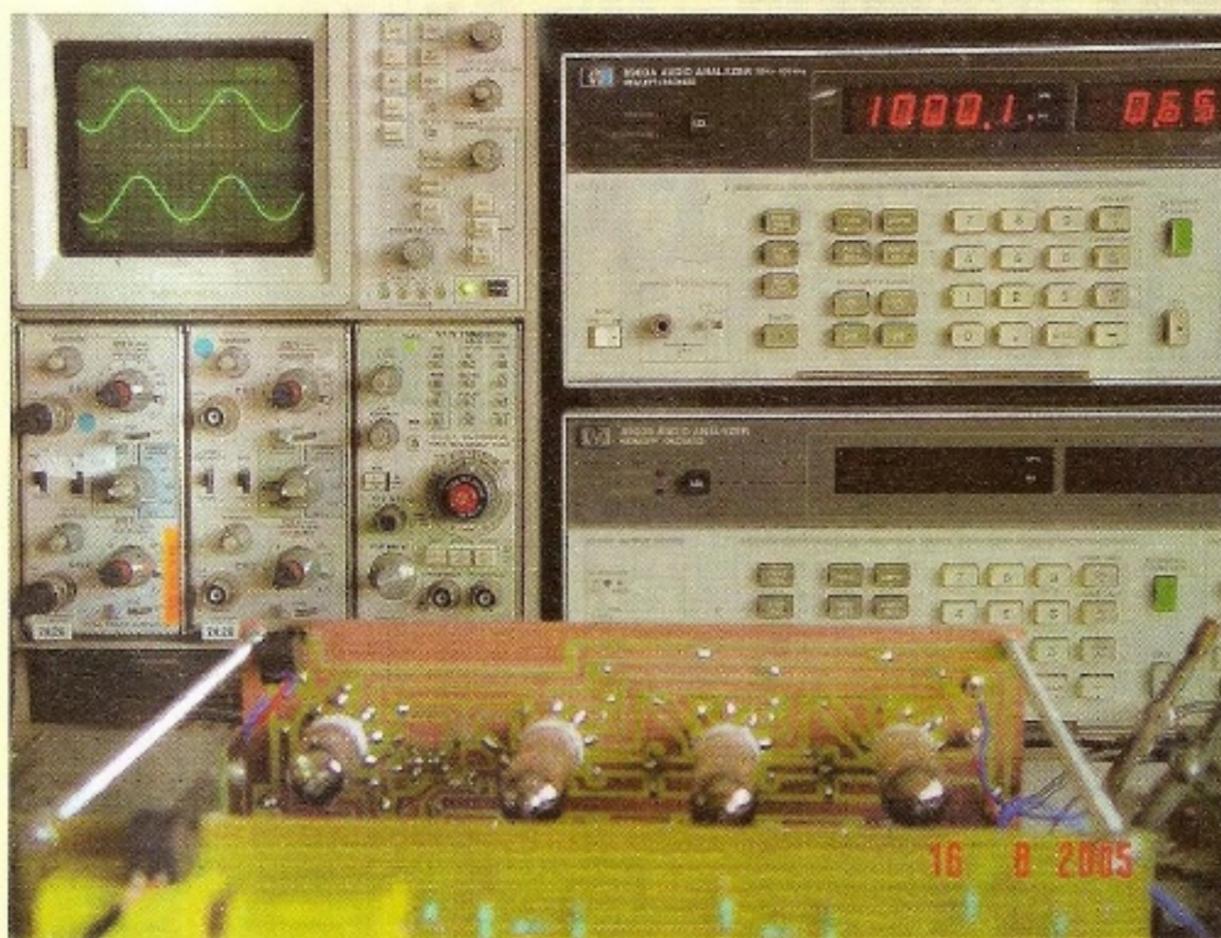
A.Cocheteau  
info@isasarl.com

www.isasarl.com, section « hi-fi »

Sur le site, un forum de discussion est ouvert à tous.

N'hésitez pas à poser vos questions, à discuter des éventuelles difficultés que vous pourriez rencontrer et à m'indiquer vos rapports d'écoute. Ils sont toujours intéressants !

Merci à Caméo, Haskil, Patmeth et plus généralement à tous les « Forum KTR » heureux du site HOMECINEMA-FR.com.



L'amplificateur en version 2 x 30 W au banc de mesures



Taux de distorsion de 0,0989 % mesuré à la puissance de 1,3 W (fréquence de 1 kHz)



Taux de distorsion de 0,1008 % mesuré à la puissance de 2 W (fréquence de 1 kHz)



Taux de distorsion de 0,305 % mesuré à la puissance de 5,6 W (fréquence de 1 kHz)

# ABONNEZ-VOUS

## AU MAGAZINE DE RÉFÉRENCE EN ÉLECTRONIQUE

**ELECTRONIQUE PRATIQUE** **4,50€**

297 SEPTEMBRE 2005 ■ www.electroniquepratique.com

### DÉCOUVREZ LES FRÉQUENCES INSOLITES

Récepteur aviation 118/136 MHz

Récepteur BLU bande des 20 mètres

Programmeur sur USB

Prise commandée en IR

Mini écran graphique avec PIC-BASIC

**RETROUVEZ AUSSI**

- ↳ Ces diodes aux caractéristiques particulières
- ↳ Mesurez les signaux HF

FRANCE: 4,50 € + 90M Avion: 5,70 €  
 BEL: 5,30 € + 10M: 7,50 €  
 DAN: 5,95 € DAN + ESP: 4,80 €  
 GR: 4,50 € + 10M: 7,50 €  
 MAR: 5,00 € + PORT CONT: 4,50 €  
 DOMSURT: 4,50 €

T 02437 297 F: 4,50 €

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

**11 NUMÉROS \*  
38,50 €**

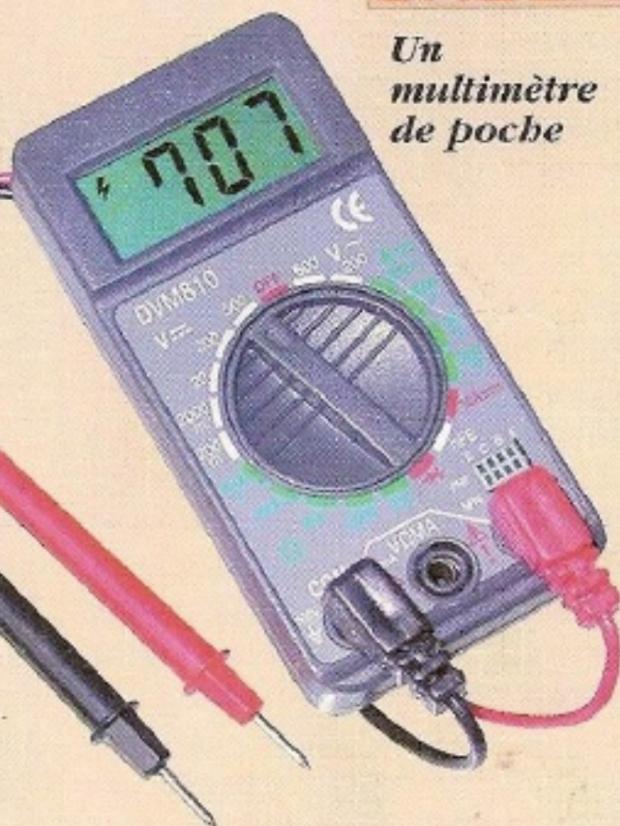
au lieu de 49,50 €

**ÉCONOMISEZ : 11 €**

\* 11 numéros d'ÉLECTRONIQUE PRATIQUE  
prix kiosque : 4,50 €

**+ VOTRE CADEAU**

Un multimètre de poche



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

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

**1 AN : 11 numéros d'ÉLECTRONIQUE PRATIQUE**  
au prix de **38,50 €**

DOM par avion : 42,90 € - TOM par avion : 51,70 €  
Belgique, Suisse : 44,00 € - Autres pays nous consulter

Je bénéficie d'une petite annonce gratuite

**VOTRE CADEAU** un multimètre de poche 3 1/2 digit, pratique et utile !

19 plages de mesure - Indication automatique de la polarité.  
Livré avec pile d'alimentation, cordons de test et doc en français.  
(environ 3 semaines pour la livraison à domicile)

**Ci-joint mon règlement par :**

Chèque bancaire ou postal  Carte Bancaire

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

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

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

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

CP : \_\_\_\_\_

Ville : \_\_\_\_\_

Données de contact et tarifs de l'abonnement en France et dans les autres pays.