

ELECTRONIQUE PRATIQUE

HORS-SÉRIE N°3 ■ www.electroniquepratique.com ■ 5,00 €

HORS-SÉRIE AUDIO

À RÉALISER VOUS-MÊME

**Bloc mono
200 Weff
4 x KT90**

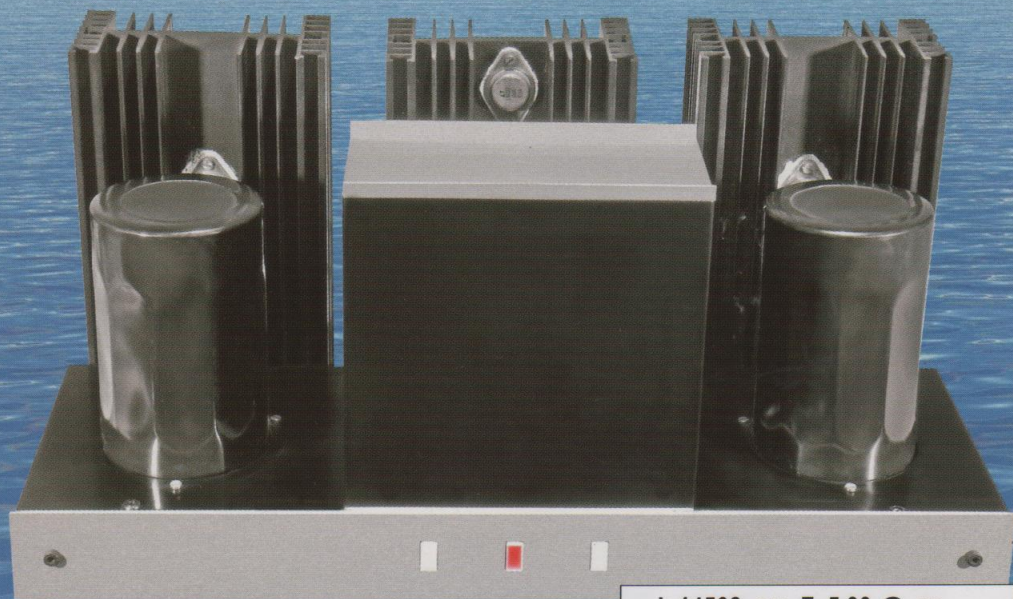


INITIATION

Puissance & niveau sonore

Classe A 2 x 50 Weff

**Enceinte
Coaxiale
2 voies**



L 14562-3H-F: 5,00 € - RD





Applications internet / Ethernet

- 1 Ajoutez en 3 mn une connexion Internet à votre application ! Convertisseur RS232 <-> TCP/IP
EZL-200L 68 € Dont 0.01 € d'éco-participation inclus
- 2 Version carte "OEM" seule **EZL-50L 26 €**
- 3 Pilotez 8 entrées optocouplées + 8 sorties relais + port RS232 via Internet/Ethernet. Supporte les modes Web server (HTTP) et Modbus/TCP
CIE-H10 179 € Dont 0.05 € d'éco-participation inclus
- 4 Serveur Web sur base PIC **PICMWEB 49 €**



- 5 Platine RISC 32 Bits avec Linux + serveur Web + serveur TELNET™ + FTP + compilateur C GNU dispo en téléchargement. **FOXLR832 168 €**
- 6 Boîtier ARM9™, 2 ports Ethernet, 2 USB, 2 RS232/RS485, 1 slot carte CF™ (non livrée), 8 broches E/S, Port I2C™, Port console, Linux + chaîne de développement livrés
VS6801 249 € Dont 0.05 € d'éco-participation inclus

Acquisition / Mesure / Débug

- 1 Interface USB avec 16 ports configurables en entrées ou sorties ou conversion "A/N" 12 bits + 4 ports entrées/sorties + 2 sorties analogiques - Livrée avec de très nombreux drivers et DLL.
U3-LV 119 € Dont 0.03 € d'éco-participation inclus
- 2 Analyseur USB non intrusif Full / Low Speed. Idéal pour debug, mise au point de drivers, optimisation des équipements USB.
TP320221 419 € Dont 0.01 € d'éco-participation inclus



- 3 Interface USB <-> I2C™ / SPI™ - Livré avec drivers et DLL - Gestion bus maître ou esclave.
TP240141 275 € Dont 0.01 € d'éco-participation inclus
- 4 Analyseur I2C™ / SPI™ non intrusif - Monitoring max. I2C™ @ 4 MHz - SPI™ @ 24 MHz.
TP320121 310 € Dont 0.01 € d'éco-participation inclus

Oscilloscopes numériques

- 1 Sonde oscilloscope USB 1 voie (1 G Ech/sec. 10 bits mode répétitif) + mode datalogger + mode mini-analyseur de spectre (FFT) + mode voltmètre + mode compteur de fréquence !
PS40M10 290 € Dont 0.03 € d'éco-participation inclus
- 2 Oscilloscope 2 voies (20 M Ech/sec. 12 bits mode répétitif) - Mêmes modes que ci-dessus + sortie supplémentaire mini générateur de fonction.
DS1M12 419 € Dont 0.03 € d'éco-participation inclus



- 3 Oscilloscope portable 2 x 20 MHz à écran couleur + mode multimètre. Livré en malette avec chargeur, sondes et cordons de mesure. Sortie USB pour exportation des mesures sur PC.
HDS1022M ... 695 € Dont 0.05 € d'éco-participation inclus

- 4 Oscilloscope 2 x 25 MHz à écran couleur avec sortie USB pour exportation mesures sur PC.
EDU5022 ... 437 € Dont 0.15 € d'éco-participation inclus

Même modèle en version 2 x 60 MHz.

- HDS2062M ... 870 €** Dont 0.05 € d'éco-participation inclus

Même modèle en version 2 x 60 MHz.

- PDS6062S ... 771 €** Dont 0.15 € d'éco-participation inclus

Programmateurs de composants

- 1 ZIF 32 broches pour EPROM, EEPROM, FLASH EPROM, NVRAM, EEPROM série - Raccordement LTP - Supporte 8788 composants
60-0039 199 € Dont 0.03 € d'éco-participation inclus
- 2 ZIF 40 broches + mode ISP pour mémoires, microcontrôleurs, PLD... - Raccordement USB - Supporte 19457 composants - Garantie 3 ans
60-0038 509 € Dont 0.03 € d'éco-participation inclus
- 3 ZIF 48 broches + mode ISP pour mémoires, microcontrôleurs, PLD... - Raccord. USB / LTP - Supporte 37723 composants - Garantie 3 ans
60-0044 1027 € Dont 0.15 € d'éco-participation inclus



- 4 Modèle 4 supports ZIF 48 broches indépendants + mode ISP pour mémoires, microcontrôleurs, PLD... - Raccordement USB - Supporte 37562 composants - Garantie 3 ans
60-0049 3217 € Dont 0.25 € d'éco-participation inclus
- 5 Modèle ISP pour PIC - Raccordement USB
PICFICD 96 € Dont 0.01 € d'éco-participation inclus

Logiciel de C.A.O

- Splan** Logiciel de saisie de schémas **42,22 €**
- Loch Master** Aide au prototypage **43,00 €**
- Sprint layout** Logiciel de réalisation de circuits imprimés **47,72 €**
- Profilab-Expert** Générateur d'application simulateur graphique **121,99 €**



- Front Designer** Logiciel de conception de face avant pour boîtier **47 €**

Module vidéo intelligent "CMUcam3"

Développée par l'université de Carnegie Mellon et fabriquée sous licence par Lextronic, la **CMUcam3** est une plate forme de développement vidéo conçue autour d'un processeur ARM™ et d'un module caméra couleur. Entièrement programmable en langage "C" via une suite logiciel GNU, elle pourra être exploitée soit comme un capteur vidéo intelligent prêt à l'emploi (interfaçable via une liaison série avec n'importe quel microcontrôleur), soit comme une base d'étude qui vous permettra de concevoir vos propres algorithmes de traitements et d'analyses vidéos grâce à une bibliothèque d'exemples et de librairies. Les différents firmwares et descriptions d'applications permettent de pouvoir effectuer un suivi en temps réel d'un objet coloré, de récupérer l'image vue par la caméra via la liaison série, d'obtenir un histogramme et des statistiques sur l'image capturée, d'enregistrer des images sur une carte SD™ optionnelle en cas de détection de mouvement, de consulter des exemples de reconnaissances expérimentales de visages et d'environnement pour le déplacement de robots mobiles... La "CMUcam3" peut également piloter directement 4 servomoteurs (non livrés) **150 €**



Afficheurs OLED / LCD "intelligents"

Ces afficheurs graphiques couleur OLED ou LCD (résolution de 96 x 64 à 240 x 320 pixels) peuvent être pilotés par tout microcontrôleur via une liaison série en permettant de sélectionner la couleur du fond, de redéfinir des caractères, de dessiner des icônes, des cercles, des lignes, des triangles, des rectangles, de modifier la fonte des caractères... Certains modèles disposent d'un connecteur capable de recevoir une carte micro SD™ (non livrée) afin de pouvoir stocker des images pour les rappeler à l'écran via votre microcontrôleur ou en mode automatique (sans microcontrôleur externe). A partir de **68 €** pièce.



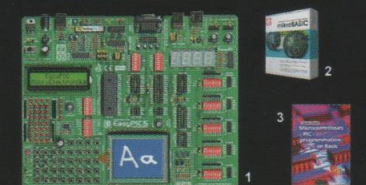
Spécial radiofréquence

- Modem radio **ZigBee™** permettant une liaison série entre 2 micro-contrôleurs (2 modules sont nécessaires) - Dim.: 24 x 10,5 mm - Alim.: 3,3 V **Prix unitaire 22,13 €**
- F2M03GLA** Module **Bluetooth™** permettant une liaison série transparente avec périphérique Bluetooth™ au protocole SPP - Dim.: 28,5x 15,2 mm - Alim.: 3,3 V **Prix unitaire 32,72 €**
- TDL2A** Modem radio **synthétisé 5 canaux bande 433 MHz** permettant une liaison série transparente entre 2 microcontrôleurs (2 modules nécessaires) **Prix unitaire 40,66 €**
- SET150** Ensemble de 2 **télécommandes** porte-claf 433,92 MHz type monocanal à code anti-scanner + 1 **récepteur** à sortie relais (mode M/A ou temporelle) - Portée: 30 m **49,00 €**
- GM862-QUAD** Module **GSM/GPRS** Quad Band - Compatible protocole voix, fax, SMS - Pilotage très simple via commandes AT séries - Prévoir antenne en sus **104,05 €**
- ET-312** Module **GPS** 20 canaux - Dimensions: 27,9 x 20,2 mm - SIRF III™ - Alim. 3,3 V - Prévoir antenne externe - Prix unitaire **70,56 €** Prix unitaire (par 5 pcs) **58,60 €**
- EM-406** Module **GPS** 20 canaux avec antenne intégrée - Dimensions: 30 x 30 x 10,5 mm - SIRF III™ - Alim. 5 V - Prix unitaire **75,00 €** Prix unitaire (par 5 pcs) **64,58 €**
- UM005** Module de lecture/décodage TAG **RFID** 125 KHz Unique™ - Sortie série **25,00 €**
- RFID-CARD1** Carte RFID Unique **2,00 €** Prix unitaire (par 20 pcs) **1,32 €**
- AJV24E** Module émetteur vidéo 2,4 GHZ 4 canaux - Dim.: 31 x 29 x 4 mm **12,95 €**
- AJV24R** Module récepteur vidéo 2,4 GHZ 4 canaux - Dim.: 41 x 32 x 6 mm **19,95 €**

Spécial Capteurs

- MSBD** Capteur de mouvement **infrarouge passif** à sortie logique - Portée 3 m **17,00 €**
- GP2D120** Module **infrarouge** de mesure de distance (4 à 30 cm) - Sortie analogique **19,95 €**
- MS-EZ1** Module **ultrason** de mesure de distance (type mono cellule US) - Portée 16 cm à 6 m - Sortie analogique, sortie PWM ou sortie numérique via une liaison série **24,49 €**
- MDU1130** Module **hyperfréquence** 9,9 GHz pour mesure de distance **35,88 €**
- CMP03** Module **boussole** numérique (orientation 0 à 359°) - Sortie PWM / I2C™ **45,50 €**
- IBR273** Module capteur de pluie à **variation capacitive** + résistance anti-rosée **5,45 €**
- QT110** Circuit capacitif transformant tout objet métallique en **capteur sensible** **8,85 €**
- FSR2** Capteur **de force** (zone de détection circulaire) - Diamètre: 15 mm **8,19 €**
- LP-TRCELL** Module **accéléromètre 3 axes** - Sorties analogiques **29,00 €**
- PL-MLX300** Module **gyroscope 1 axe** - Sorties analogiques / SPI™ **52,99 €**
- MGDYR2** Module **gyroscope 2 axes** - Sorties analogiques **79,00 €**
- INER5** Module **accéléromètre 3 axes + gyroscope 2 axes** - Sorties analogiques **109,00 €**
- SHT15** Capteur **humidité + température** - Sorties numériques **32,08 €**
- PL/SCP1000** Module **baromètre + température** - Sortie SPI™ **52,00 €**

Développement sur PIC™ / PICBASIC / CUBLOC



- 1 **EasyPIC5**: Starter-kit pour développement sur microcontrôleurs PIC™ - Programmeur **USB Intégré**, supports pour PIC 8, 14, 20, 28 et 40 broches, livré avec PIC16F877, emplacements pour afficheurs LCD 2 x 16 et afficheur LCD graphique 128 x 64 (**livrés en option**), 32 leds, 32 boutons-poussoirs, 4 afficheurs 7 segments, emplacement capteur DS18S20 (livré en option), port série, connecteur PS/2, etc **129,50 €**

- Option afficheur LCD 2 x 16 caractères **9 €**
- Option afficheur LCD graphique 128 x 64 ... **28 €**
- Option capteur température DS18S20 **3,90 €**

- 2 **Compilateurs pour PIC** interface IDE, gestion port série, USB, I2C™, SPI™, RS485, CAN, Ethernet, écriture/lecture sur cartes SD™/MMC™/CF™, afficheur LCD alphanumérique/graphique, gestion de clavier, modules radio, calculs mathématiques, signaux PWM, mémoire Flash/EEPROM interne, temporisations... Existe aussi en Pascal
MikropicBASIC: **150 €** Mikropic"C": **215 €**
Tarifs valables si achetés avec platine EasyPIC4
MikropicBASIC: **115 €** Mikropic"C": **165 €**

- 3 **Ouvrage technique** Aborde tous les aspects, théoriques et pratiques de la programmation en BASIC des microcontrôleurs PIC™ **39 €**

Vos connaissances en microcontrôleurs sont limitées (ou nulles) ? Vous avez un budget "serré" et vous voulez développer des applications capables de piloter des afficheurs LCD ou 7 segments, des communications séries, I2C™, SPI™, des signaux PWM, mesurer des valeurs analogiques, piloter des servomoteurs, des moteurs pas-à-pas, des moteurs "cc"... Alors comme des milliers d'utilisateurs, découvrez les **PICBASIC** ! Ces microcontrôleurs se programment en langage BASIC (disponible en libre téléchargement) via un PC grâce à un logiciel qui transférera vos instructions dans sa mémoire par un câble raccordé au PC. Une fois "téléchargé", ce dernier pourra être déconnecté de l'ordinateur pour être totalement autonome. Documentation entièrement en Français. Très nombreuses applications, ouvrage technique de formation. Module PICBASIC à partir de **28 €**

Les **CUBLOC™** sont des versions encore plus évoluées (avec fonctions mathématiques, 80 K de Flash, gestion d'interruptions, etc...). Ils sont programmables en langage **BASIC** et **PLC** (mini-auto mate) avec utilisation **simultanée** de part leur structure multitâches. Documentation et notes d'applications très complète entièrement en Français.

- CB220** - compatible broches à broches avec module **BS2** (3 K RAM - 4 K EEPROM - 16 E/S) **47 €**
- CB280** (3 K RAM - 4 K EEPROM - 49 E/S) **55 €**
- CB290** (28 K RAM - 4 K EEPROM - 92 E/S - RTC) **87 €**
- CB405** (200 K de mémoire programme Flash + 110 K RAM + 4 K EEPROM + 64 E/S + 4 port séries) **69 €**

La sélection du mois

Le cordon "**Smart488**" est une interface "USB <-> GPIB" très fiable, performante et économique, spécialement conçue pour le pilotage de tout équipement compatible **GPIB** ou simplement pour des rapprochements de copies d'écrans via un logiciel d'émulation de traceur open source. Installation Plug'n'play - Mode transparent permettant le dialogue immédiat avec un équipement GPIB unique - Mode adressable permettant l'accès sélectif à un équipement donné sur un bus (jusqu'à 3 équipements) - Fonction GPIB controller, etc, etc...
Le cordon seul **178,20 €**



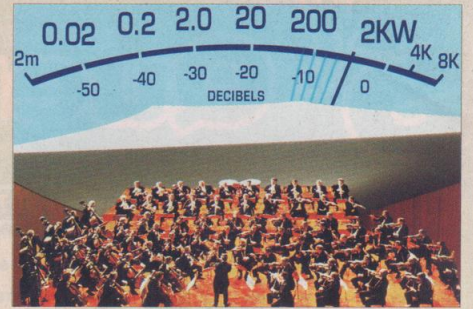
ELECTRONIQUE PRATIQUE

HORS-SÉRIE N°3

Initiation

5 Puissance & Niveau sonore

Connaître les lois physiques qui régissent les rapports entre la puissance électrique fournie par l'amplificateur, le niveau sonore généré par les enceintes et la pression acoustique ressentie par l'auditeur permet de déterminer les possibilités réelles d'un système de restitution sonore en termes de niveau et de dynamique.



A réaliser vous-même

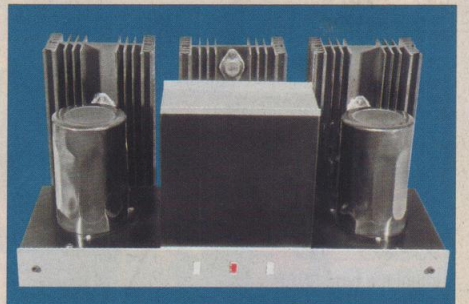
12 Push-Pull de 2 x 30 Weff Classe A à transistors bipolaires

Le fonctionnement de cet amplificateur bien que se faisant en classe A est totalement différent de l'étude que vous trouverez en page 40 puisqu'en étage de sortie nous avons ici deux transistors bipolaires montés en push-pull



23 Double Push-Pull de KT90 Bloc monophonique de 200 Weff

Cet amplificateur atteint sans s'essouffler les 280 Weff. Il met en œuvre un quartet de KT90 en classe B. Sa bande passante s'étend de 20 Hz à 30 kHz à la puissance nominale.



40 Single End de 2 x 50 Weff Classe A à transistor bipolaire et ampli OP

Nous abordons ici l'étude et la réalisation d'un amplificateur capable de fournir 2 x 52 Weff sur charges de 8 Ω. Cet appareil fonctionne en pure classe A, mais en Single end.



54 La Coaxiale - Une enceinte 2 voies

Compte tenu de sa taille et de ses performances, cette minuscule enceinte de moins de cinq litres trouvera aisément sa place dans votre intérieur, d'autant qu'elle répond à deux critères de taille : rigueur de conception et excellent rapport qualité-prix.

Fondateur : Jean-Pierre Ventillard - **TRANSOCEANIC SAS** au capital de 574 000 € -

3, boulevard Ney, 75018 Paris Tél. : 01 44 65 80 80 - Fax : 01 44 65 80 90 - Internet : <http://www.electroniquepratique.com>

Président : Patrick Vercher - Directeur de la publication et de la rédaction : Patrick Vercher - Secrétaire de rédaction : Elsa Sepulveda

Photos : Isabelle Garrigou - Avec la participation de : B. Duval, J-C Gaertner, G. Kossmann, J. Vallienne, J-L Vandersleyen

La Rédaction d'Electronique Pratique décline toute responsabilité quant aux opinions formulées dans les articles, celles-ci n'engageant que leurs auteurs.

DIFFUSION/VENTES : ALIX CONSEIL PRESSE Tél. : 01 64 66 16 39 - PUBLICITÉ : À la revue, e-mail : pubep@fr.oleane.com

I.S.S.N. 0243 4911 - N° Commission paritaire : 0909 T 85322 - Distribution : MLP - Imprimé en France/Printed in France

Imprimerie : MAULDE & RENOUE AISNE 02430 GAUCHY - DEPOT LEGAL : JUIN 2008 - Copyright © 2008 - TRANSOCEANIC

ABONNEMENTS : 18-24, quai de la Marne - 75164 Paris Cedex 19 - Tél. : 01 44 84 85 16 - Fax : 01 42 00 56 92. - Préciser sur l'enveloppe « Service Abonnements »

ATTENTION ! Si vous êtes déjà abonné, vous faciliterez notre tâche en joignant à votre règlement soit l'une de vos dernières bandes-adresses, soit le relevé des indications qui y figurent.

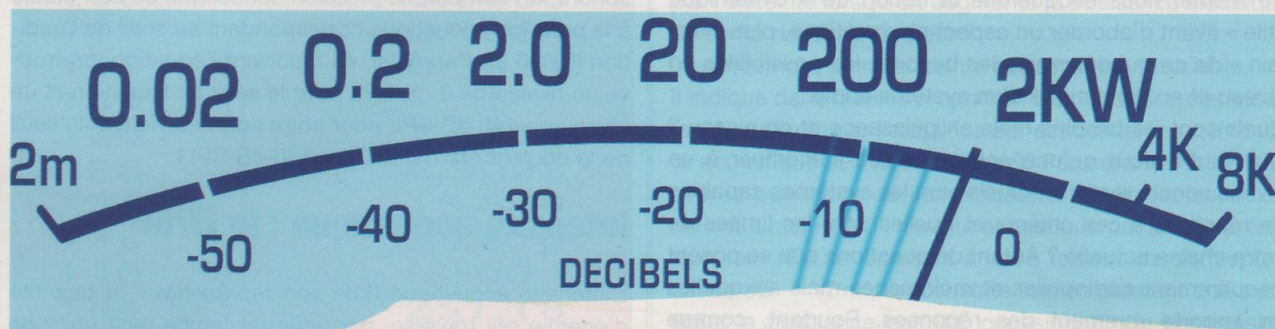
Abonnements USA - Canada : Contacter Express Mag - www.expressmag.com - expsmag@expressmag.com - Tarif abonnement USA-Canada : 60 €

TARIFS AU NUMÉRO : France Métropolitaine : 5,00 € • DOM Avion : 6,40 € • DOM Surface : 5,80 € • TOM : 800 XPF • Portugal continent : 5,60 €

Belgique : 5,50 € • Espagne : 5,60 € • Grèce 5,60 € • Suisse : 10,00 CHF • Maroc : 60 MAD • Tunisie : 5200 TND • Canada : 6,60 \$ CAN

© La reproduction et l'utilisation même partielle de tout article (communications techniques ou documentation) extrait de la revue *Electronique Pratique* sont rigoureusement interdites, ainsi que tout procédé de reproduction mécanique, graphique, chimique, optique, photographique, cinématographique ou électronique, photostat tirage, photographie, microfilm, etc. Toute demande à autorisation pour reproduction, quel que soit le procédé, doit être adressée à la société TRANSOCEANIC.

Puissance & Niveau sonore



Dans un système de restitution sonore, on peut aisément concevoir d'instinct qu'il existe une relation directe entre la puissance fournie par l'amplificateur et le niveau sonore émis par les enceintes acoustiques.

De même, on comprend sans difficulté que le fait de s'éloigner des enceintes se traduit inmanquablement par une sensation de diminution du niveau sonore pour nos oreilles. En effet, il existe des lois purement physiques qui régissent les rapports entre la puissance électrique fournie par l'amplificateur, le niveau sonore généré par les enceintes et la pression acoustique ressentie par l'auditeur en fonction de la distance qui le sépare de ses enceintes.

La connaissance de ces lois est un outil très précieux qui permet de déterminer, en fonction de certaines caractéristiques techniques, les possibilités réelles d'un système de restitution sonore en termes de niveau sonore et de dynamique.

Tout ceci peut s'avérer très utile, lorsqu'on veut acquérir du matériel, pour éviter les associations risquées ou désastreuses entre un amplificateur et des enceintes acoustiques.

Le but de cet article est donc de vous dévoiler quelques bases essentielles de l'électro-acoustique afin de vous aider à comprendre ce qui fait la différence entre le bas rendement, le haut rendement et à quoi peuvent bien servir les électroniques survitaminées capables de fournir plusieurs centaines de watts.

De même, nous évoquerons la notion de « dynamique utile » avant d'aborder un aspect plus pratique, plus « terrain » de ce qui détermine les besoins, les possibilités en niveau et en dynamique d'un système audio.

Quels sont les besoins réels en puissance et en niveau ? Que faut-il pour qu'une écoute puisse s'effectuer à un niveau sonore réaliste ? Quels sont les systèmes capables de répondre à ces critères et quelles sont les limites de votre chaîne actuelle ? Autant de questions que se posent fréquemment audiophiles et mélomanes mais auxquelles on apporte rarement des réponses. Pourtant, comme vous pourrez le constater tout au long de cet article, les notions de dynamique, de puissance et de niveau acoustique sont liées à des grandeurs élémentaires de la physique qui n'ont absolument rien à voir avec la magie ou « l'ésotérisme »...

Niveau sonore et décibels

La notion de « niveau sonore » se rapporte à l'intensité, le volume ou encore la puissance acoustique d'un son.

Un son est une variation de pression de l'air qui se propage à une vitesse déterminée (« vitesse du son » dans l'air qui est d'environ 340 m/s). Cette pression s'exerce sur tout corps (ou objet) qui se trouve sur le trajet du son. L'unité « officielle » adoptée par le système international pour exprimer une pression est le Pascal (noté Pa, avec $1 \text{ Pa} = 10 \mu\text{bar}$). Une pression de 1 Pa correspond à une force de 1 Newton appliquée sur une surface de 1 mètre carré ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$).

L'oreille humaine n'est pas capable de percevoir les sons de trop faible amplitude. Elle possède sa sensibilité propre : le seuil d'audibilité pour une pression sonore étant de 0,000 02 Pa. Cela signifie qu'un son de pression inférieure à ce seuil ne peut pas être perçu par l'oreille humaine. A l'autre bout de « l'échelle », une pression de 200 Pa correspond à un son très violent, supérieur au seuil de la douleur (**figure 1**).

Pour mesurer ou évaluer un niveau sonore, on utilise une grandeur appelée décibel, notée « dB » ou plus précisément « dB SPL » pour indiquer qu'il s'agit de dB « acoustiques » (« SPL » signifiant *Sound Pressure Level* ou « Niveau de pression sonore » en français).

Sans entrer dans un développement mathématique complexe, nous rappelons, ci-dessous, l'équation qui relie les « dB SPL » et la pression d'un son en Pascal.

Pour un son de pression acoustique égale à « P » Pascal, le niveau sonore N exprimé en dB SPL est :

$$N \text{ (dB SPL)} = 20 \text{ Log (P/0,000 02)}$$

où « 0,000 02 » est la pression correspondant au seuil d'audibilité et « Log » la fonction Logarithme en base 10. Nous nous sommes permis de vous « parachuter » cette équation, car le but de cet article n'est pas de vous « faire » un cours de mathématiques sur les logarithmes, encore moins un exposé sur les lois de la psycho-acoustique (en expliquant que l'oreille humaine ne fonctionne pas de façon linéaire, mais logarithmique, devant les variations de pression acoustique).

Au final, on peut retenir que pour exprimer un niveau sonore, on compare la pression acoustique du son étudié à la pression acoustique correspondant au seuil de l'audition (0,000 02 Pa). Ainsi, en résolvant l'équation, on trouve un niveau de 0 dB SPL pour le seuil de l'audition et un niveau de 140 dB SPL pour notre son très violent (le seuil de la douleur étant d'environ 130 dB SPL).

Intensité acoustique : le W/m²

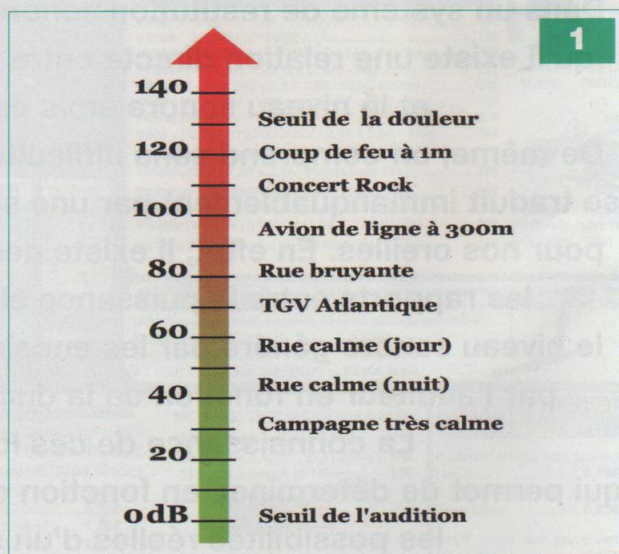
L'intensité acoustique d'un son représente « la quantité d'énergie qui traverse, par unité de temps, une unité de surface parallèle au front d'onde ». Cette intensité est une « densité surfacique de puissance » exprimée en W/m².

Il existe, bien sûr, un rapport entre cette intensité acoustique et la pression acoustique exprimée en dB SPL.

A l'examen du **tableau A**, on constate au moins deux choses intéressantes :

- Multiplier l'intensité acoustique par 100 revient à accroître le niveau de 20 dB.
- Un « tout petit » W/m² correspond à un niveau colossal de 120 dB.

Exprimer une intensité acoustique en W/m² est très pratique pour calculer le rendement d'un haut-parleur. Ce rendement exprime le rapport entre l'intensité acoustique rayonnée et la puissance électrique appliquée aux bornes du haut-parleur. Par exemple, un haut-parleur d'une sensibilité de 100 dB/1W (ce qui est très élevé) a un rendement de 1 % seulement... En effet, il produit une intensité acoustique de 0,01 W/m² pour une puissance de 1 W



Niveaux en dB de quelques bruits « connus »

dB	→	W/m ²
80		0,0001
84		0,0002
88		0,0006
92		0,0015
96		0,0039
100		0,0100
104		0,0251
108		0,0630
112		0,1584
116		0,3981
120		1
124		2,5118
128		6,3095
132		15,848
136		39,810
140		100
144		251,18
148		630,95
152		1584,8
156		3981,0
160		10000

TABLEAU A - Correspondance entre les niveaux en dB SPL et les intensités acoustiques en W/m²

appliquée à son bornier (un rendement de 100 % correspondrait à une sensibilité de 120 dB/1W/1m).

A ce propos, nous constatons très souvent que, par abus de langage, de nombreuses personnes confondent le rendement et la sensibilité (ou niveau d'efficacité) d'un haut-parleur (**tableau B**). Pour « remettre les pendules à l'heure », nous rappelons qu'un rendement s'exprime en « % » et que les « dB/1W/1m » correspondent à une sensibilité (ou niveau d'efficacité). Rendement et sensibilité sont intimement liés, certes, mais rendons « à chacun » sa bonne unité de mesure et nous éviterons bien des confusions...

Niveau acoustique et puissance...

La sensibilité (ou efficacité) d'un haut-parleur ou d'une enceinte représente le niveau acoustique relevé, en dB SPL, à une distance de 1 mètre lorsque ce haut-parleur ou cette enceinte est attaqué(e) par un signal électrique de 1 watt.

A ce sujet, il est intéressant de rappeler ce que représente cette puissance de 1 W. Un amplificateur fournit une tension (en V) et un courant (en A). D'après la loi d'Ohm ($P = U^2/R$), si l'amplificateur est relié à une charge résistive pure de 4 Ω, il doit délivrer une tension de 2 V. Cette tension passe à 2,83 V pour une charge de 8 Ω. Bien que l'impédance d'une enceinte soit théoriquement normalisée à 4 ou 8 Ω, certains systèmes sont « annoncés » pour 6 Ω par les constructeurs. De plus, il n'est pas rare de constater, sur certaines enceintes de 8 Ω, que l'impédance peut très bien chuter à 4 Ω à certaines fréquences.

Ainsi, pour comparer la sensibilité de plusieurs enceintes, il est intéressant de relever le niveau acoustique à 1 m, en ajustant la sortie de l'amplificateur sur 2 V ou 2,83 V, quelle que soit l'impédance annoncée par le constructeur (mesure que nous effectuons pour nos tests).

Revenons dans le vif du sujet, en considérant que nous vivons dans un monde « électro-acoustiquement parfait » où une puissance de 1 W injectée à une enceinte représente une valeur « sûre ». A partir d'un niveau de sensibilité donné, comment évolue le niveau acoustique fourni par l'enceinte lorsqu'on augmente la puissance électrique en sortie de l'amplificateur ?

Le rendement d'une enceinte est constant, invariable.

Il indique dans quelles proportions la puissance électrique (en W) délivrée par l'amplificateur est convertie en intensité acoustique (les fameux W/m²). Par conséquent, multiplier la puissance de l'amplificateur par un facteur « x » revient à multiplier l'intensité acoustique par le même facteur « x ». En se reportant à notre tableau de correspondance dB → W/m², on constate immédiatement que multiplier la puissance par 100 occasionne une progression en niveau de 20 dB. Cette progression est logarithmique. Soit « x » le facteur de multiplication appliqué à la puissance, soit « n » la progression du niveau en dB, on a :

$$n = 10 \text{ Log } (x) \text{ ou } n = 10 \text{ Log } (P/P_0)$$

P étant la puissance délivrée « au final » et P₀ la puissance de départ.

Sensibilité (dB/1W/1m)	→	Rendement (%)
80		0,01
82		0,016
84		0,025
86		0,04
88		0,063
90		0,1
92		0,158
94		0,251
96		0,398
98		0,631
100		1
102		1,585
104		2,512
106		3,981
108		6,31
110		10
112		15,849
114		25,119
116		39,811
118		63,096
120		100

TABLEAU B - Equivalence entre la sensibilité (ou le niveau d'efficacité) d'une enceinte exprimée en dB/1W/1m et son rendement exprimé en %. Les deux grandeurs sont intimement liées, mais il ne faut pas les confondre...

Avec différentes valeurs pour P et P0, cette équation indique que le niveau augmente de 3 dB quand on double la puissance, il augmente de 6 dB quand on quadruple la puissance... il augmente de 10 dB quand on multiplie la puissance par 10, etc. (**tableau C**). Par conséquent, on augmente le niveau de 3 dB (par exemple) lorsqu'on passe d'une puissance de 10 W à 20 W (P x 2), mais aussi lorsqu'on passe d'une puissance de 100 W à une puissance de 200 W. Dans un cas comme dans l'autre, la puissance est doublée.

Sensibilité d'une enceinte et puissance

La sensibilité d'une enceinte acoustique est donnée pour une puissance de 1 W à la distance de 1 m (dB/1W/1m). Le niveau sonore disponible augmente en relation avec la puissance injectée à l'enceinte. La **figure 2** représente la correspondance entre la puissance injectée à une enceinte et le niveau disponible, en fonction de sa sensibilité. Nous avons retenu deux exemples : une enceinte de bas rendement avec une sensibilité de 84 dB/1W/1m et une enceinte de haut rendement avec une sensibilité de 96 dB/1W/1m.

Multiplication de la puissance par :	Augmentation du niveau en dB
1,3	1
1,6	2
2	3
2,5	4
3,2	5
4	6
5	7
6,3	8
7,9	9
10	10
12,6	11
15,8	12
20	13
25,1	14
31,6	15
39,8	16
50,1	17
63,1	18
79,4	19
100	20

P x + dB

TABLEAU C - Correspondance entre le facteur multiplicateur de puissance et l'augmentation de niveau en dB. La correspondance fonctionne aussi en « inverse » pour une puissance qui diminue et crée une chute de niveau : une puissance divisée par 2 occasionne une « perte » de 3 dB, une puissance divisée par 10 occasionne une perte de 10 dB, etc. Il suffit de remplacer la multiplication par une division de la puissance et de remplacer le « + » dB par un « - » dB pour le niveau.

Niveau acoustique et distance

Plus on s'éloigne d'une source d'émission sonore, plus le niveau chute, plus on s'en approche, plus le niveau augmente (**tableau D**). En théorie, le niveau acoustique délivré par une source ponctuelle diminue de 6 dB chaque fois que l'on multiplie la distance par deux.

Si l'on mesure 90 dB à un mètre, on relève un niveau de $90 - 6 = 84$ dB à deux mètres ($n = 20 \text{ Log}(D1/D2)$ où « n »

2	Watts	dB	Watts
	1	84	0,06
	1,3	85	0,08
	1,6	86	0,1
	2	87	0,13
	2,5	88	0,16
	3,2	89	0,2
	4	90	0,25
	5	91	0,3
	6,3	92	0,4
	7,9	93	0,5
	10	94	0,6
	13	95	0,8
	16	96	1
	20	97	1,3
	25	98	1,6
	32	99	2
	40	100	2,5
	50	101	3
	63	102	4
	79	103	5
	100	104	6
	126	105	8
	158	106	10
	200	107	13
	251	108	16
	316	109	20
	398	110	25
	501	111	31
	631	112	39
	794	113	50
	1000	114	63

Niveau acoustique disponible pour deux enceintes en fonction de la puissance. A gauche : système de bas rendement avec une sensibilité de 84 dB/1W/1m. A droite : système à haut rendement avec une sensibilité de 96 dB/1W/1m. L'écart entre les deux sensibilités est de 12 dB. Pour obtenir le même niveau acoustique avec les deux enceintes, il faut injecter une puissance seize fois supérieure à l'enceinte de bas rendement, par rapport au système à haut rendement. Pour obtenir un niveau de 114 dB SPL, par exemple, il faut injecter une puissance de 63 W au système à haut rendement et 1 000 W à l'autre enceinte (impossibilité technique dans la très grande majorité des cas...).

Distance à la source	→	Atténuation ou gain en dB
50 cm		+ 6 dB
75 cm		+ 3 dB
1 m	(référence)	0 dB
2 m		- 6 dB
3 m		- 9,5 dB
4 m		- 12 dB
5 m		- 14 dB
6 m		- 15,6 dB
7 m		- 17 dB
8 m		- 18 dB
9 m		- 19 dB
10 m		- 20 dB

TABLEAU D - Variations théoriques du niveau sonore (dB SPL) en fonction de la distance par rapport à la source (référence à 1 m).

représente la chute ou l'augmentation du niveau en dB SPL, « D2 » la distance finale par rapport à la source et « D1 » la distance initiale. Il s'agit d'une règle théorique, car les enceintes ne sont pas de vraies sources ponctuelles. De plus, dans une salle « normale », les sons réverbérés s'ajoutent au son direct et l'atténuation en niveau est moins importante qu'en théorie (pratiquement, on peut compter sur une moyenne d'environ 4 à 5 dB d'atténuation lorsqu'on double la distance).

Enfin, et ceci n'est pas négligeable, il ne faut pas oublier qu'avec deux canaux en service, nous écoutons deux enceintes qui diffusent chacune un son de même intensité. La théorie d'addition des sources sonores nous rappelle que les intensités acoustiques des deux sources s'additionnent. Dans notre cas, on se retrouve alors avec une intensité sonore doublée, ce qui représente un gain de 3 dB SPL.

Avec deux enceintes dont l'efficacité est de 90 dB/1W/1m, on obtient une sensibilité globale théorique s'élevant à 93 dB/1W/1m.

Écart en niveau et puissance

Il est primordial, tout d'abord, de comprendre ce qui relie les variations de la puissance électrique (en W) à la sortie de l'amplificateur et les variations du niveau acoustique (en dB SPL) que diffuse l'enceinte.

Le **tableau E** rappelle par combien il faut multiplier la puissance pour générer une augmentation du niveau sonore déterminée. Nous avons précédemment abordé ce sujet, mais il nous semble important d'y revenir afin de bien fixer les idées sur les grandeurs mises en jeu (un petit écart en niveau peut correspondre à un bond en puissance colossal).

En partant de ce tableau, on peut déterminer d'autres valeurs assez facilement. Il suffit d'additionner les valeurs en dB et de multiplier, entre eux, les facteurs de puissance associés. Par exemple : 6 dB correspond à « x 4 » et 7 dB correspond à « x 5 ». Par conséquent, 6 dB + 7 dB (13 dB) correspond à 4 x 5 (20), soit une puissance multipliée par 20 pour obtenir un gain de 13 dB en niveau.

La musique et les niveaux sonores

La finalité d'un système de restitution sonore est d'écouter de la musique. Si l'on met de côté les synthétiseurs et autres instruments électroniques, la musique est généralement créée à partir de voix humaines et d'instruments acoustiques. En connaissant le niveau sonore maximum que peuvent atteindre certains instruments, on peut déjà se faire une idée sur la puissance que doit fournir un amplificateur pour que des enceintes d'une sensibilité donnée puissent fournir un tel niveau.

Nous avons réuni, dans le **tableau F**, quelques valeurs de pressions acoustiques maximales générées par certains instruments. Attention, chaque valeur correspond à un maximum possible (ne vous effrayez pas, vous ne « prendrez » certainement pas 108 dB dans les oreilles si vous écoutez un piano en concert) ! Dans ce tableau, nous avons fait correspondre chaque valeur de niveau à la puissance qu'il faut fournir pour alimenter trois enceintes différentes ayant respectivement des niveaux d'efficacité de 84 dB, 90 dB et 96 dB pour 1 W à 1 m.

Ce tableau représente les puissances qu'il faut atteindre si l'on écoute une seule enceinte et que l'on se situe à 1 m de celle-ci pour la mesure. Avec deux enceintes, l'addition

Augmentation de niveau	Puissance multipliée par
1 dB	x 1,3
2 dB	x 1,6
3 dB	x 2
4 dB	x 2,5
5 dB	x 3,2
6 dB	x 4
7 dB	x 5
8 dB	x 6,3
9 dB	x 7,9
10 dB	x 10
12 dB	x 16
14 dB	x 25
16 dB	x 40
18 dB	x 63
20 dB	x 100
22 dB	x 158
24 dB	x 250
26 dB	x 400
28 dB	x 631
30 dB	x 1000

TABLEAU E - Augmentation de la puissance nécessaire pour un écart en niveau déterminé.

	Niveau maxi	Efficacité de l'enceinte dB / 1 W / 1 m		
		84 dB	90 dB	96 dB
		Puissance nécessaire		
Clarinette	99 dB	32 W	8 W	2 W
Flûte	99 dB	32 W	8 W	2 W
Contrebasse	104 dB	100 W	25 W	6 W
Saxophone	106 dB	158 W	40 W	10 W
Trompette	107 dB	200 W	50 W	12 W
Piano	108 dB	250 W	63 W	16 W
Trombone	120 dB		995 W	249 W
Cymbales	122 dB			394 W
Orgue	123 dB			496 W
Grosse-caisse	126 dB			990 W
Orchestre 75 musiciens	130 dB			

TABLEAU F - Puissances nécessaires, avec trois types d'enceintes différents, pour atteindre le niveau maximum de quelques instruments. Nous n'avons pas fait figurer les puissances supérieures à 1 000 W. Attention, il s'agit du niveau et de la puissance pour une seule enceinte située à 1 m du point de mesure.

des sources sonores nous fait gagner 3 dB dans chaque situation. La puissance à fournir par l'amplificateur est donc réduite de moitié.

Attention, par contre, un auditeur se trouve très rarement à une distance de 1 m de ses enceintes. Pour une distance double, donc de 2 m, on perd en théorie 6 dB avec une source ponctuelle idéale.

Dans la réalité, avec une enceinte « normale » dans une salle « normale » semi-réverbérante, on perd 4 à 5 dB.

Au final, malgré le gain de 3 dB apporté par la présence de la deuxième enceinte, on perd encore 1 à 2 dB si l'on se trouve à une distance de 2 m et environ 8 dB si l'écoute se fait à 3 m des enceintes.

En se reportant au tableau E, cette perte de 8 dB implique de multiplier les puissances par un facteur de 6,3 ! On se rend compte ainsi des limites rapidement atteintes par un système d'enceintes de trop bas rendement. De même, avec un amplificateur de très faible puissance, une écoute à niveau réaliste ne peut s'envisager qu'avec des enceintes à très haut rendement.

Bien évidemment, les écoutes se font rarement dans de telles conditions. On ne cherche pas forcément à reproduire, chez soi, le niveau sonore d'un grand orchestre « en pleine colère ».

Dynamique d'un enregistrement

S'il est intéressant de connaître le niveau maximum que peut générer un véritable instrument, il est encore plus captivant de connaître les besoins de son système hi-fi, en dynamique, pour restituer correctement les enregistrements que l'on veut écouter.

Pour connaître la dynamique d'un enregistrement, nous nous sommes livrés à une petite expérience... Nous avons relié la sortie d'un lecteur CD à notre oscilloscope

de mesures, puis nous avons mis l'un de nos passages musicaux « test » en lecture. Nous avons choisi l'extrait *Una furtiva lagrima* de Donizetti, où la voix de Luciano Pavarotti peut s'avérer destructrice pour les tympans, lorsqu'on écoute un système « qui fonctionne bien ». En réglant la vitesse de balayage de l'oscilloscope sur une très faible valeur, nous avons pu relever les évolutions de la tension du signal issu du lecteur CD durant les trois premières minutes de l'extrait (trois minutes et vingt secondes exactement).

Nous avons relevé une tension (crête à crête) de 0,3 V sur le début du morceau (passage le plus « doux »). Ensuite, sur le passage le plus « fort », la voix de L. Pavarotti se traduit par une tension d'un peu plus de 3 V en sortie du lecteur CD.

Par un simple calcul mathématique, on en déduit la dynamique « D » de cet extrait musical.

Soit « Vf » la tension la plus faible et « Vm » la tension maxi

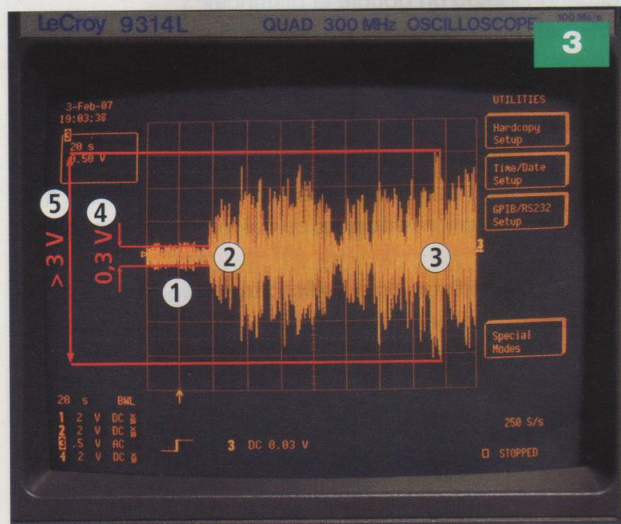
$$D = 20 \text{ Log} (V_m/V_f) = 20 \text{ Log}(10) = 20 \text{ dB}$$

Il s'agit d'un rapport de tensions, d'où l'utilisation de « 20 Log » au lieu de « 10 Log » comme avec les puissances.

En conclusion, notre système sonore doit être capable de restituer une dynamique de 20 dB pour « passer » cet extrait musical dans de bonnes conditions.

Besoins réels en puissance

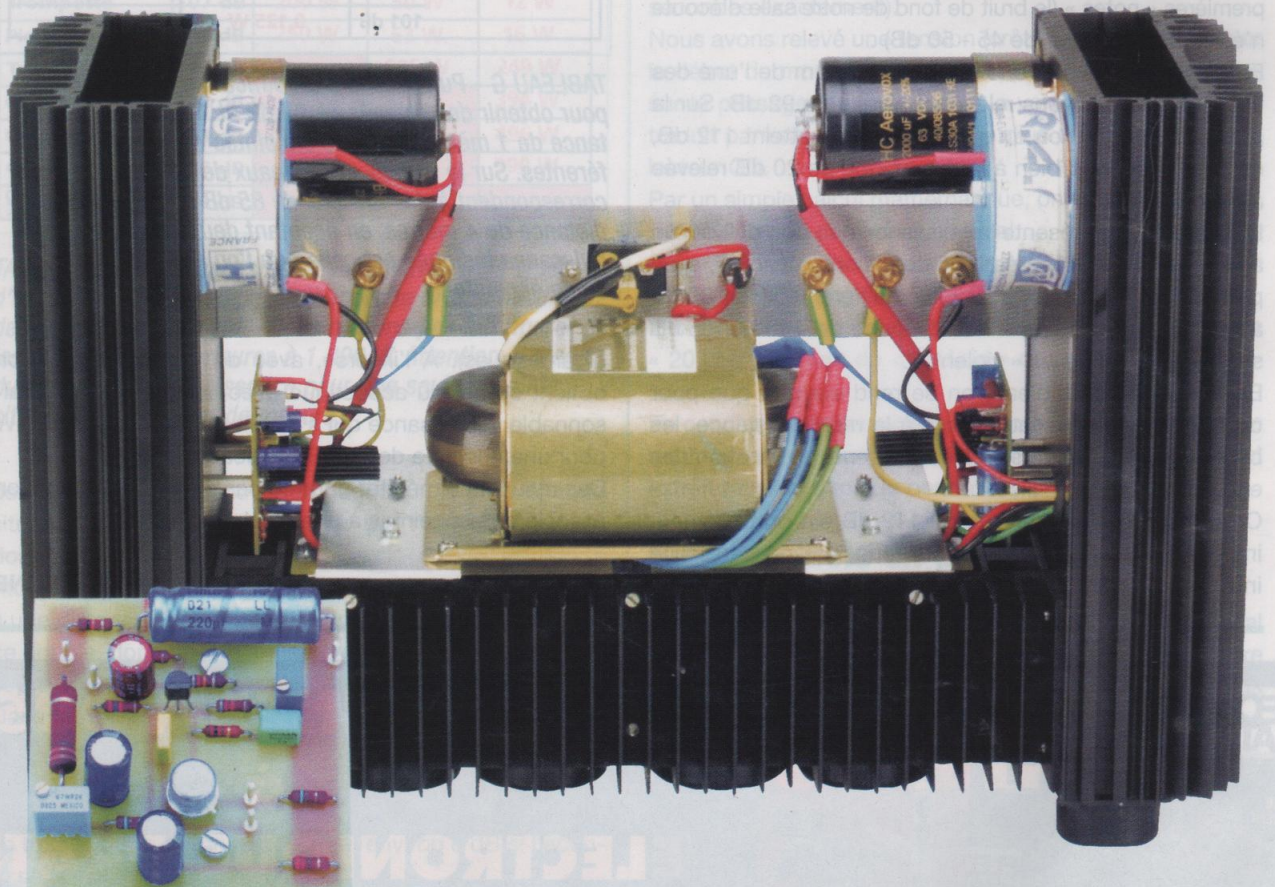
Nous venons de calculer que pour notre extrait musical choisi, le système de reproduction sonore devait être capable de restituer une dynamique utile de 20 dB. Nous précisons bien dynamique « utile », car les plus petites



Relevé, à l'oscilloscope, de « l'enveloppe » des trois premières minutes de l'extrait musical.

- ① A gauche, introduction en douceur de cet extrait (musique).
- ② Démarrage du chant.
- ③ Passage où Luciano Pavarotti révèle toute la puissance de sa voix.
- ④ Relevé de la tension (moyenne) crête à crête correspondant au passage le plus doux, soit 0,3 V.
- ⑤ Relevé de la tension correspondant au passage de niveau le plus élevé, soit plus de 3 V.

PUSH-PULL DE 2 x 30 Weff **Amplificateur classe A** **à transistors bipolaires**



Bien souvent, la complexité de l'étude et de la réalisation d'un amplificateur fonctionnant en « pure classe A » ne se situe pas au niveau de l'électronique, mais sur le plan de la mécanique. Si l'on désire disposer d'une réserve de puissance de 2 x 20 Weff à 2 x 30 Weff, la consommation permanente de plusieurs ampères, même au repos, entraîne un échauffement considérable d'une bonne partie de l'électronique (transistors de puissance, transformateur, pont de redressement...).

Il faut donc faire appel à des dissipateurs thermiques conséquents, voire à des ventilateurs, pour faciliter l'écoulement de l'air chaud afin que celui-ci ne stagne pas autour des composants.

C'est la raison qui nous a conduits à considérer, pour ce projet, tout d'abord le côté mécanique, comment et par quels moyens obtenir une bonne dissipation thermique avec des éléments disponibles

chez les revendeurs et accessibles aux lecteurs à prix raisonnables. Après de longues cogitations, notre choix s'est porté sur les dissipateurs C170 (coffret dissipateur) et K300 (dissipateur en peigne).

L'association de deux C170 et de

deux K300 permet de réaliser une base mécanique très robuste et particulièrement efficace pour absorber, puis évacuer la chaleur sans que l'ensemble ne devienne une plaque chauffante au bout de trente minutes de fonctionnement de l'appareil.

L'électronique tout d'abord

Le schéma

Comme nous le constatons avec la **figure 1**, c'est un schéma fort simple que nous utilisons faisant appel à quatre transistors bipolaires.

Le fonctionnement de cet amplificateur, bien que se faisant également en classe A, est totalement différent de la précédente étude, puisqu'en étage de sortie nous avons deux transistors fonctionnant en push-pull. La base de chacun d'eux est modulée par un même signal dont la phase est en opposition de 180°.

C'est le transistor T2 qui se charge du déphasage.

Le transistor d'entrée T1 de type PNP est un étage préamplificateur en tension ayant un gain de l'ordre de 13. Sa base est polarisée par le réseau résistif R1-R2-RV1, l'ajustable RV1 permettant d'ajuster la symétrie du signal en sortie, ce que nous verrons au moment des réglages.

Le condensateur de liaison C1 isole la base de T1 de toute tension continue qui pourrait venir modifier son point de fonctionnement.

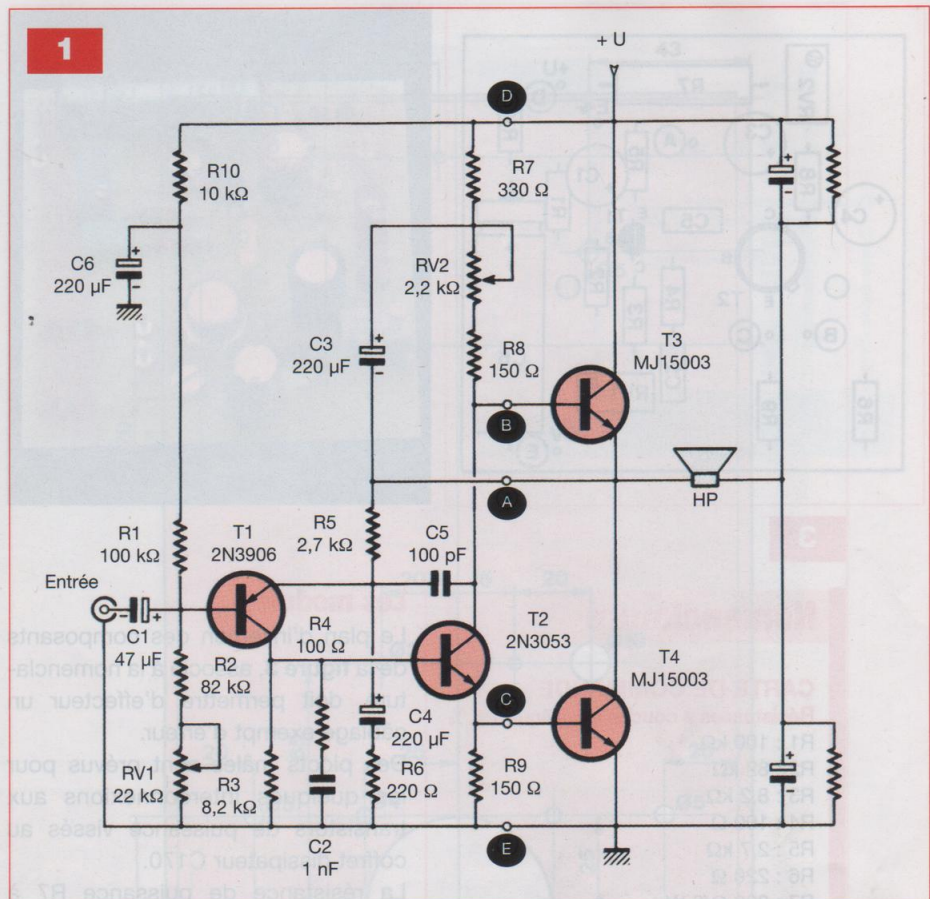
Le réseau C2/R4, en parallèle sur la charge collecteur de T1, permet de garantir une parfaite stabilité de fonctionnement de l'étage d'entrée quelle que soit la fréquence.

Le transistor d'entrée est, bien entendu, de type « faible bruit ». Il est alimenté au travers d'une énergique cellule de filtrage R10/C6.

Le transistor T2 sert d'étage déphaseur afin d'appliquer aux bases des transistors de puissance T3 et T4 des signaux identiques, mais en opposition de phase. Sa base est connectée en liaison directe avec le collecteur de T1. Le condensateur C5 limite la bande passante. Il n'est pas indispensable. Une petite valeur de 100 pF à 150 pF limite les pics de commutation visibles sur des signaux carrés à 10 kHz.

Les bases des transistors de puissance, connectées, elles aussi, en liaisons directes avec l'émetteur et le collecteur de T2, reçoivent donc bien deux signaux déphasés de 180°.

Dans la charge collecteur de T2, est inséré un ajustable RV2 qui permet



de régler le courant de repos de l'amplificateur. Lequel circule dans les deux transistors de puissance reliés en série. Au point milieu de T3 et T4, nous mesurons la moitié de la tension d'alimentation (ou presque), le réglage à $U/2$ étant « peaufiné » avec l'ajustable RV1.

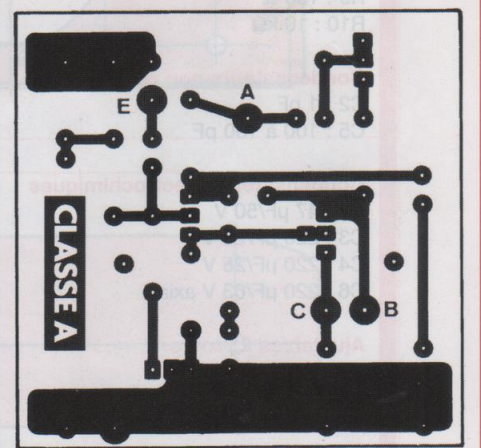
La charge en sortie (le haut-parleur) est connectée entre ce point milieu et le point milieu des deux condensateurs de filtrage, lesquels sont également connectés en série par rapport à l'alimentation +U et la masse.

Les tensions continues de part et d'autre de la charge étant identiques, le haut-parleur se trouve en position de repos en absence de modulation.

La résistance R5 sert de contre-réaction entre l'étage de sortie et le transistor d'entrée. Le rapport des résistances R5/R6 détermine le gain en tension, tandis que C4 bloque la tension continue. Le rapport est de 2700/220, soit 12,3, ce que nous indiquons au début de ce paragraphe.

Le circuit imprimé

Étant donné le peu de composants entrant dans le fonctionnement de ce



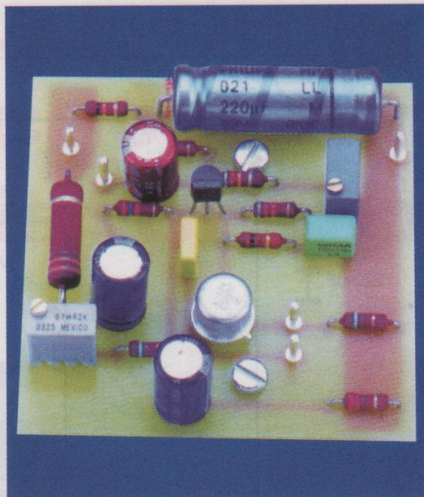
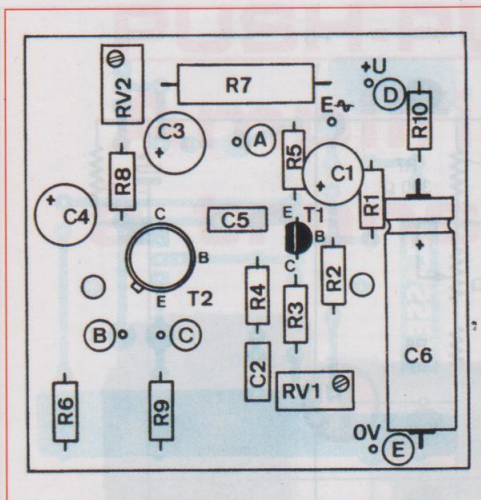
2

classe A, les dimensions de la carte sont modestes : 60 x 58 mm !

La gravure d'un tel circuit proposé en **figure 2** ne présente aucune difficulté, les pistes sont larges et les liaisons entre les pastilles directes.

Commencer par percer toutes les pastilles à $\varnothing 0,8$ ou $\varnothing 1$ mm, puis reprendre celles recevant les picots d'interconnexions à $\varnothing 1,3$ mm.

Restent les deux points de fixation du module qui seront agrandis à $\varnothing 3,5$ mm.



3

Nomenclature

CARTE DE COMMANDE

Résistances à couche métallique $\pm 5\%$

- R1 : 100 k Ω
- R2 : 82 k Ω
- R3 : 8,2 k Ω
- R4 : 100 Ω
- R5 : 2,7 k Ω
- R6 : 220 Ω
- R7 : 330 $\Omega/3$ W
- R8 : 150 Ω
- R9 : 150 Ω
- R10 : 10 k Ω

Condensateurs non polarisés

- C2 : 1 nF
- C5 : 100 à 150 pF

Condensateurs électrochimiques

- C1 : 47 μ F/50 V
- C3 : 220 μ F/25 V
- C4 : 220 μ F/25 V
- C6 : 220 μ F/63 V axial

Ajustables 25 tours

- RV1 : 22 k Ω
- RV2 : 2,2 k Ω

Semiconducteurs

- T1 : 2N3906
- T2 : 2N3053

Divers

- 6 picots à souder mâles
- 1 dissipateur pour TO3
- 2 entretoises filetées femelle/femelle M3 de 15 mm
- 2 vis M3 de 5 mm

ÉTAGE DE PUISSANCE

Transistors

- T3 : MJ15003 ou MJ15024
- T4 : MJ15003 ou MJ15024

Divers

- 2 kits d'isolement pour boîtiers TO3 et pour visserie de \varnothing 4 mm

Les modules

Le plan d'insertion des composants de la **figure 3**, associé à la nomenclature, doit permettre d'effectuer un câblage exempt d'erreur.

Des picots mâles sont prévus pour les quelques interconnexions aux transistors de puissance vissés au coffret dissipateur C170.

La résistance de puissance R7 à couche de 3 W sera légèrement surélevée de l'époxy afin de faciliter l'évacuation thermique.

La fixation du module sera effectuée par l'intermédiaire de deux entretoises filetées M3 femelle/femelle de 15 mm de longueur.

Attention à l'orientation des condensateurs chimiques à sorties radiales. Bien plaquer les ajustables multitours RV1 et RV2 contre l'époxy afin qu'ils ne subissent pas une contrainte mécanique lors des réglages au moyen des vis. Le transistor driver T2 en boîtier TO5 est coiffé d'un dissipateur cylindrique afin de lui calmer sa « fièvre ».

Le premier module câblé, dissoudre la résine de la soudure, vérifier l'absence de court-circuit et pulvériser une couche de vernis si le cuivre n'est pas étamé.

Ces opérations sont à répéter de façon identique pour le deuxième canal de l'amplificateur.

La mécanique ensuite

Comme nous le disions en début d'article, le châssis/coffret est fait « maison ». Il utilise deux coffrets C170 et deux dissipateurs K300.

L'association de ces quatre éléments permet d'obtenir une base mécanique robuste, avec un pouvoir de dissipation important. Les coffrets C170 servent de côtés à l'amplificateur classe A et les K300 de longerons.

Le coffret/dissipateur C170

Le C170 se décompose en quatre parties :

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

• Le dissipateur

Il va recevoir les deux transistors de puissance en boîtier TO3.

Nous ne donnons pas de plan de perçages pour le forage des huit trous car leurs repérages vont se faire directement avec les micas isolants et un crayon à papier. Ce procédé est beaucoup plus précis.

Disons simplement qu'il suffit de tracer une ligne centrale de bas en haut à l'intérieur du dissipateur, la fixation du premier boîtier se faisant à 30 mm du bas. À partir de cette distance, on peut définir avec le mica les trois autres forages.

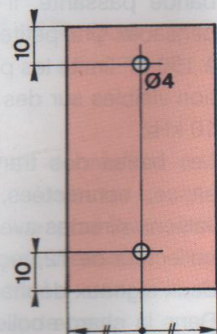
Le deuxième boîtier est fixé à 90 mm du bas, le mica aide ensuite au repérage des trois autres forages.

Poinçonner en leurs centres les huit ronds tracés au crayon papier, puis forer dans un premier temps à \varnothing 2 mm chacun d'eux.

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

Augmenter ensuite le diamètre des forages progressivement jusqu'à \varnothing 4 mm pour le passage des pattes des boî-

6



tiers TO3 (base/émetteur) et jusqu'à $\varnothing 6$ mm pour les fixations. Pour obtenir un bon placage des boîtiers métalliques, nous avons préféré utiliser de la visserie de quatre, d'où des forages à $\varnothing 6$ mm pour pouvoir y insérer les canons isolants.

• La plaque coulissante

Quelques trous sont à pratiquer dans cette plaque, comme indiqué en **figure 4**. Le forage du bas à $\varnothing 50$ mm est destiné à y plaquer un ventilateur de 60×60 mm. Cette ouverture permettant d'y pulser de l'air.

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

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

• La face avant

Cette plaquette, déjà percée d'origine en quatre points pour sa fixation, va recevoir deux trous complémentaires, comme indiqué en **figure 5**.

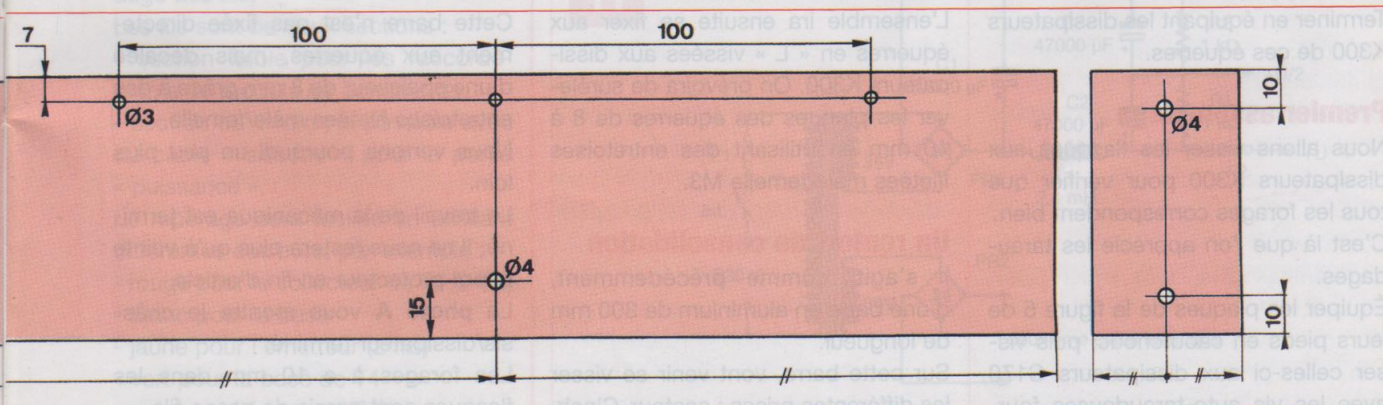
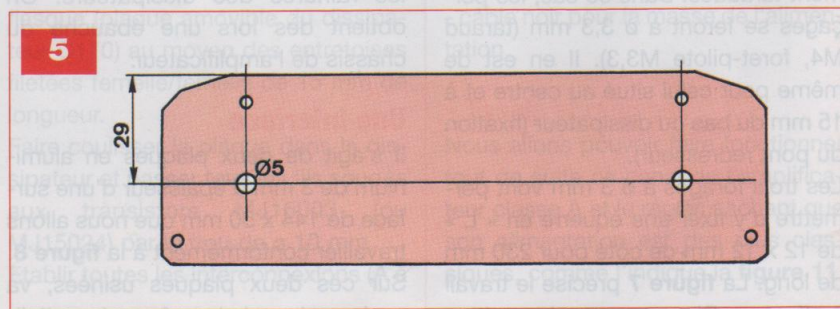
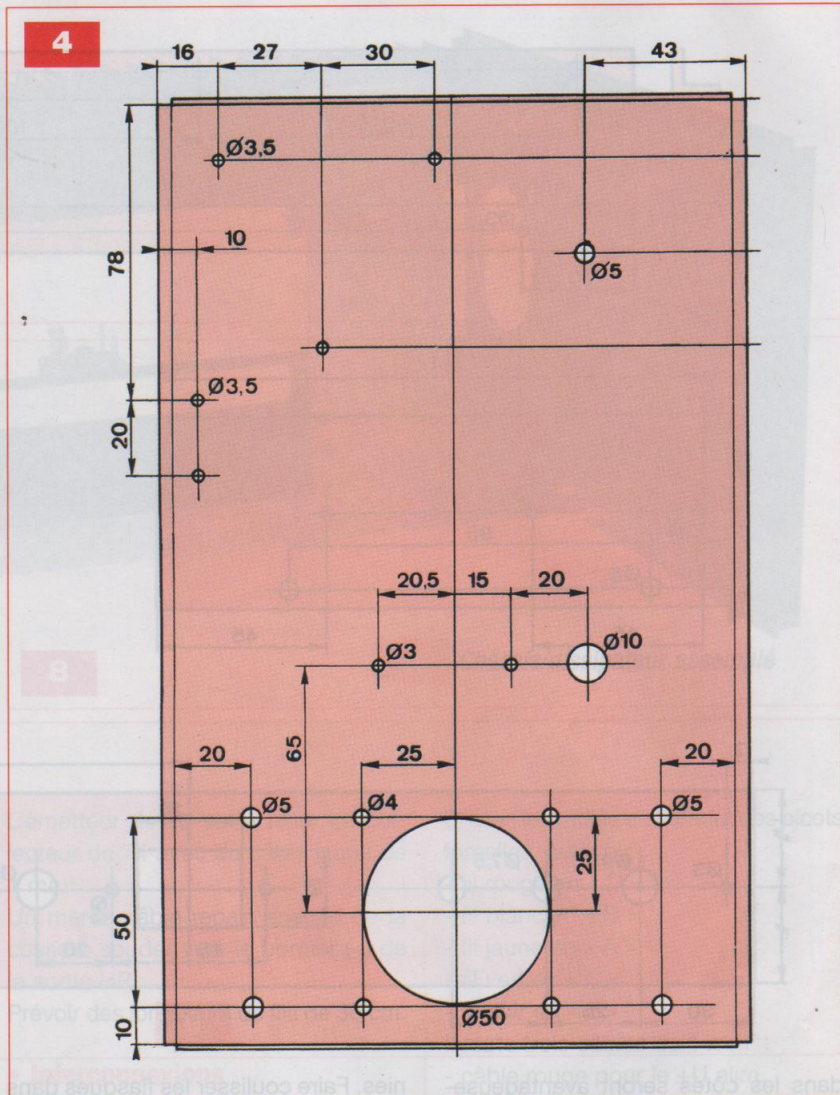
C'est ici que seront vissés deux gros pieds en caoutchouc de $\varnothing 40$ mm pour une hauteur de 20 mm.

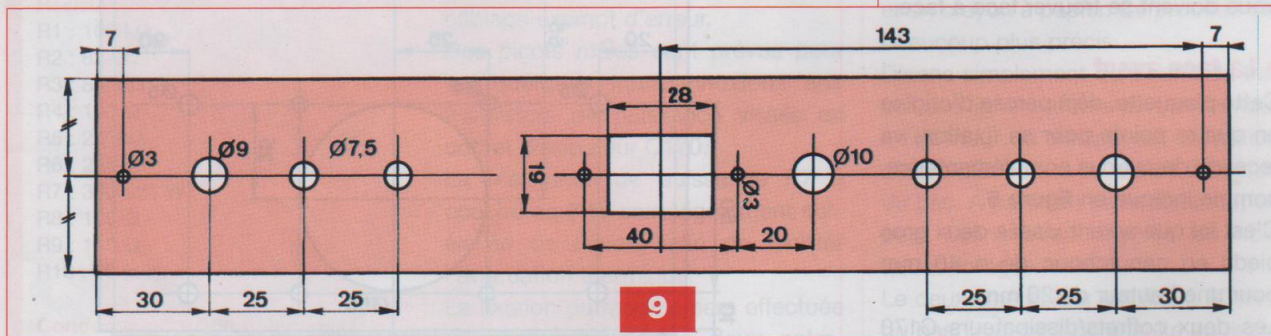
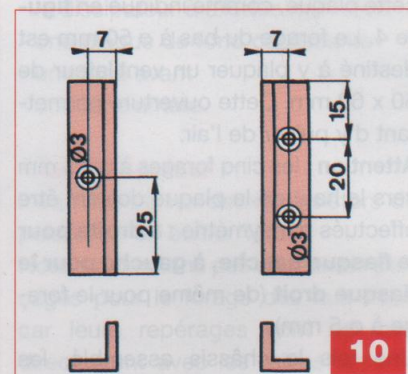
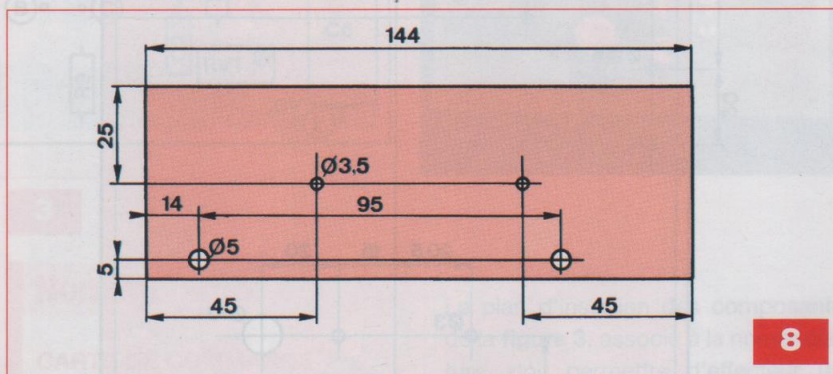
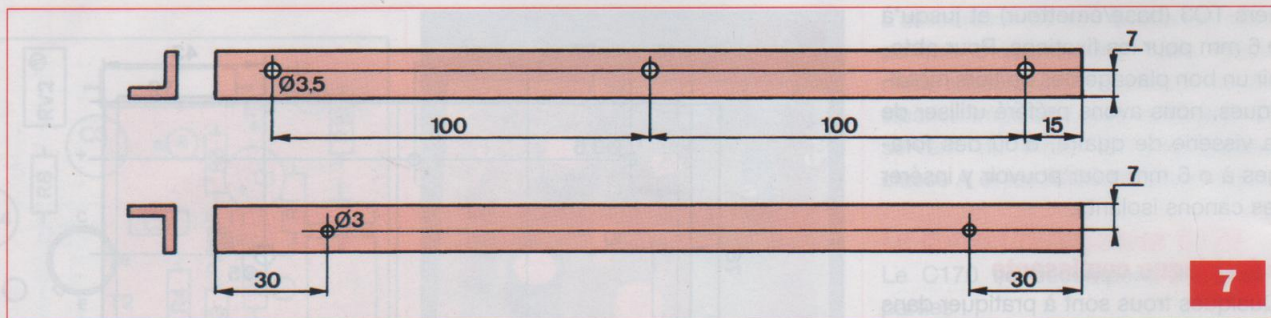
Les deux coffrets/dissipateurs C170 travaillés, passons aux K300.

Le dissipateur K300

Ce dissipateur profilé en « peigne » de $300 \times 70 \times 40$ mm va contribuer à l'évacuation des calories avec son R.th de $0,5^\circ/W$. C'est sur ces deux dissipateurs que seront fixés ultérieurement les ponts redresseurs.

La **figure 6** donne les indications nécessaires pour y pratiquer les différents forages. Ceux effectués à $\varnothing 4$ mm





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

Les trois forages à $\varnothing 3$ mm vont permettre d'y fixer une équerre en « L » de 12 x 12 mm de côté pour 230 mm de long. La **figure 7** précise le travail à effectuer. Bien respecter la position des « L ».

Terminer en équipant les dissipateurs K300 de ces équerres.

Premier assemblage

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

Équiper les plaques de la figure 5 de leurs pieds en caoutchouc, puis visser celles-ci aux dissipateurs C170 avec les vis auto-taraudeuses four-

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

Une interface

Il s'agit de deux plaques en aluminium de 3 mm d'épaisseur d'une surface de 144 x 50 mm que nous allons travailler conformément à la **figure 8**. Sur ces deux plaques usinées, va venir se visser le transformateur d'alimentation.

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

Un renfort de consolidation

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

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

borniers HP...

La **figure 9** montre le travail à effectuer. La découpe de la fenêtre de 28 x 19 mm se fera aisément avec une scie abrasif.

Ce renfort viendra ensuite se visser aux plaques coulissantes des C170 au moyen de deux équerres en « L » usinées comme indiqué en **figure 10**. La visserie sera de préférence à tête fraisée, les têtes étant noyées dans l'épaisseur de 3 mm de la barre d'aluminium.

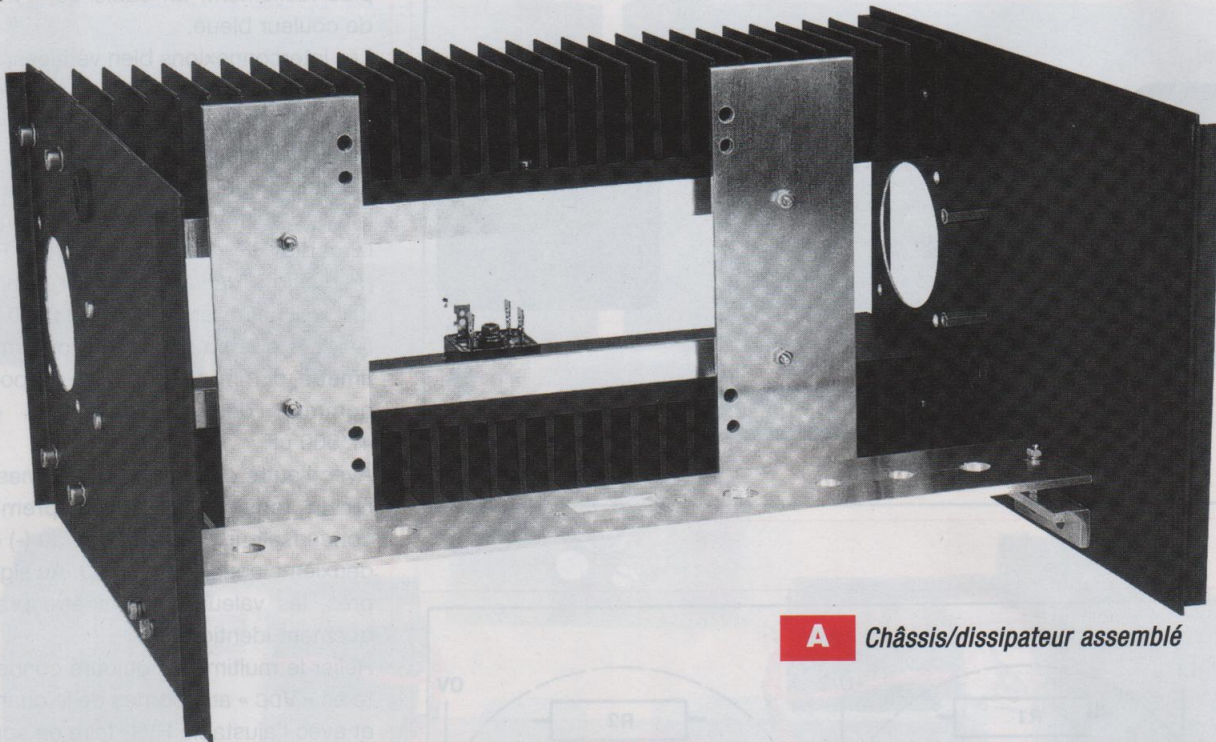
Cette barre n'est pas fixée directement aux équerres, mais décalée d'une épaisseur de 8 mm grâce à des entretoises filetées mâle/femelle.

Nous verrons pourquoi un peu plus loin.

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

La **photo A** vous montre le châssis/dissipateur terminé.

Les forages à $\varnothing 10$ mm dans les flasques sont garnis de passe-fils.



A Châssis/dissipateur assemblé

Les interconnexions

Les transistors de puissance

Comme nous le remarquons avec le schéma théorique de la figure 1, les boîtiers TO3 sont raccordés, d'une part, à l'alimentation et, d'autre part, au module de commande, aux repères « A-B-C-D-E ».

Nous allons considérer que le transistor T3 est le boîtier supérieur fixé au dissipateur et le transistor T4 le boîtier inférieur.

Avant d'entreprendre le câblage, il faut s'assurer à l'ohmmètre que les boîtiers sont bien isolés du dissipateur et que les pattes des TO3 (base/émetteur) ne touchent pas l'aluminium. Si aucun court-circuit n'est détecté, on peut commencer le soudage des fils.

Les fils sont de deux sections :

- section faible pour les raccordements au module de commande,
- section de 1 mm², si possible avec du câble « silicone » pour la partie « puissance ».

Le repérage sera facilité en utilisant différentes couleurs, par exemple :

- rouge pour le collecteur de T3 (2 fils)
- blanc pour la base
- jaune pour l'émetteur (2 fils)
- vert pour la base de T4
- noir pour l'émetteur (2 fils)

L'émetteur de T3 est à relier au collecteur de T4 avec du câble jaune de 1 mm².

Un même câble repart ensuite de la cosse à souder vers le bornier (+) de la sortie HP.

Prévoir des longueurs de fils de 30 cm.

• Interconnexions

Visser le module de commande au flasque (plaque amovible du dissipateur C170) au moyen des entretoises filetées femelle/femelle de 15 mm de longueur.

Faire coulisser la plaque dans le dissipateur et passer tous les fils soudés aux transistors MJ15003 (ou MJ15024) par le trou de \varnothing 10 mm.

Établir toutes les interconnexions (A à

E) avec le module en utilisant des picots femelles, à savoir :

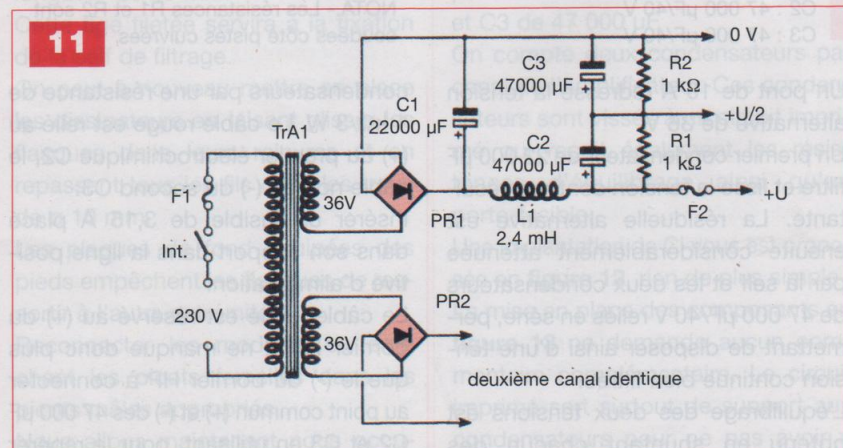
- fil rouge en « D »
- fil blanc en « B »
- fil jaune en « A »
- fil vert en « C »
- fil noir en « E »

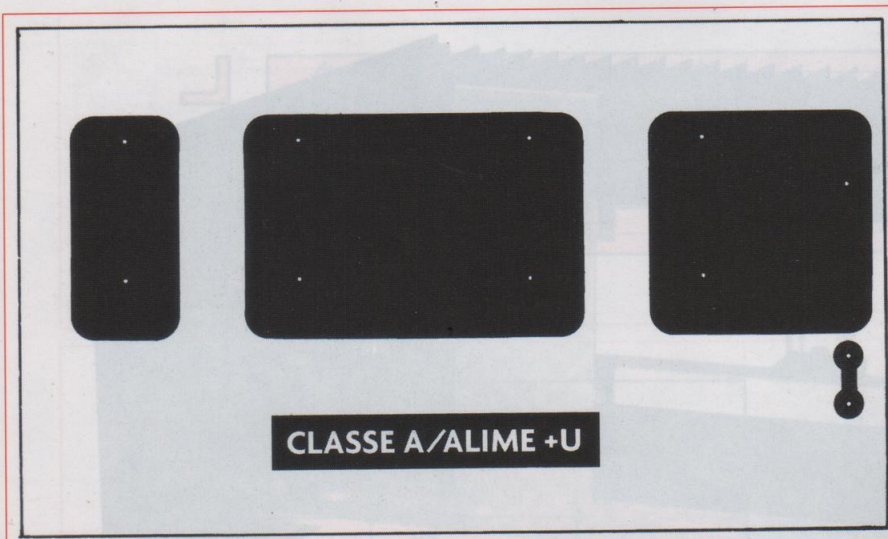
Il reste trois câbles de 1 mm² :

- câble rouge pour le +U alim.
- câble jaune pour le (+) du bornier HP
- câble noir pour la masse de l'alimentation

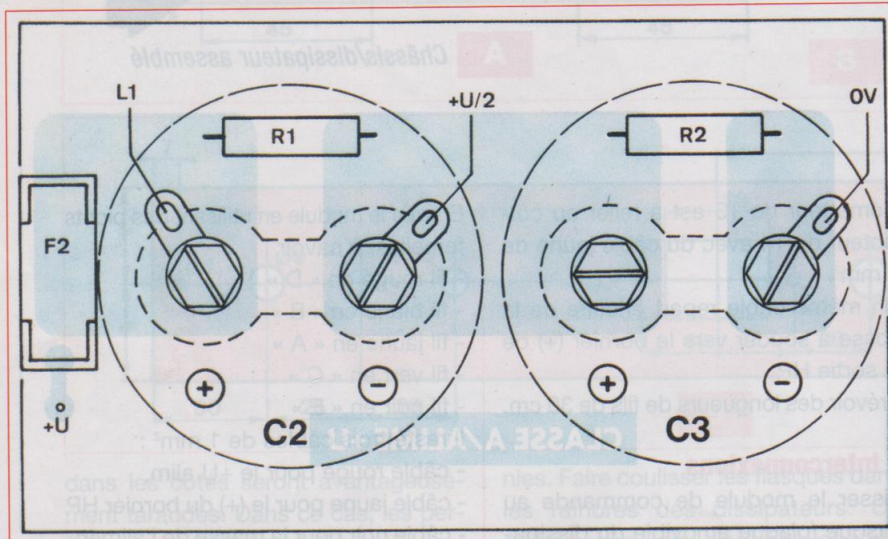
• Essais et réglages

Nous allons pouvoir faire fonctionner tout de suite ce canal de l'amplificateur classe A et le régler, sachant que son alimentation est des plus classiques, comme l'indique la figure 11.





12



13

Nomenclature

FILTRAGE

Résistances

R1 : 1 k Ω /3 W

R2 : 1 k Ω /3 W

Condensateurs

C2 : 47 000 μ F/40 V

C3 : 47 000 μ F/40 V

Divers

F2 : porte-fusible pour CI avec fusible de 3A15

5 cosses à souder ϕ 5 mm (3 pour le 0 V)
1 picot à souder mâle

NOTA.- Les résistances R1 et R2 sont soudées côté pistes cuivrées

Un pont de 10 A redresse la tension alternative de 36 V.

Un premier condensateur de 22 000 μ F filtre et lisse la tension continue résultante. La résiduelle alternative est ensuite considérablement atténuée par la self et les deux condensateurs de 47 000 μ F/40 V reliés en série, permettant de disposer ainsi d'une tension continue bien filtrée.

L'équilibrage des deux tensions est obtenu en shuntant chacun des

condensateurs par une résistance de 1 k Ω /3 W. Le câble rouge est relié au (+) du premier électrochimique C2, le câble noir au (-) du second C3.

Insérer un fusible de 3,15 A placé dans son support dans la ligne positive d'alimentation.

Le câble jaune est réservé au (+) du bornier HP. Il ne manque donc plus que le (-) du bornier HP à connecter au point commun (+) et (-) des 47 000 μ F C2 et C3 en utilisant, pour le repérer

plus facilement, un câble de 1 mm² de couleur bleue.

Les interconnexions bien vérifiées, on peut mettre sous tension le transformateur d'alimentation en prenant garde de ne pas court-circuiter le deuxième enroulement de 36 V inutilisé pour le moment. Il est évident que la sortie HP doit être chargée. Par précaution, dans un premier temps, utiliser une résistance de 8,2 Ω /50 W. Relier le cordon noir (-) de votre multimètre, commuté en « VDC » au point commun des condensateurs de 47 000 μ F.

Avec l'autre cordon rouge (+), mesurer la tension au (+) du premier condensateur C2, puis celle au (-) du deuxième condensateur C3. Au signe près, les valeurs doivent être pratiquement identiques.

Relier le multimètre toujours connecté en « Vdc » aux bornes de la charge et avec l'ajustable RV1, faire en sorte d'obtenir une tension nulle aux bornes de la résistance.

Ôter le fusible de son support et y insérer le multimètre en position « A » (ampèremètre).

Avec l'ajustable RV2, rechercher une consommation de 1,5 A au repos de cet amplificateur.

Les réglages sont terminés. Il est maintenant possible de remplacer la charge résistive par une enceinte acoustique, puis de relier l'entrée au moyen d'un câble blindé à un préamplificateur.

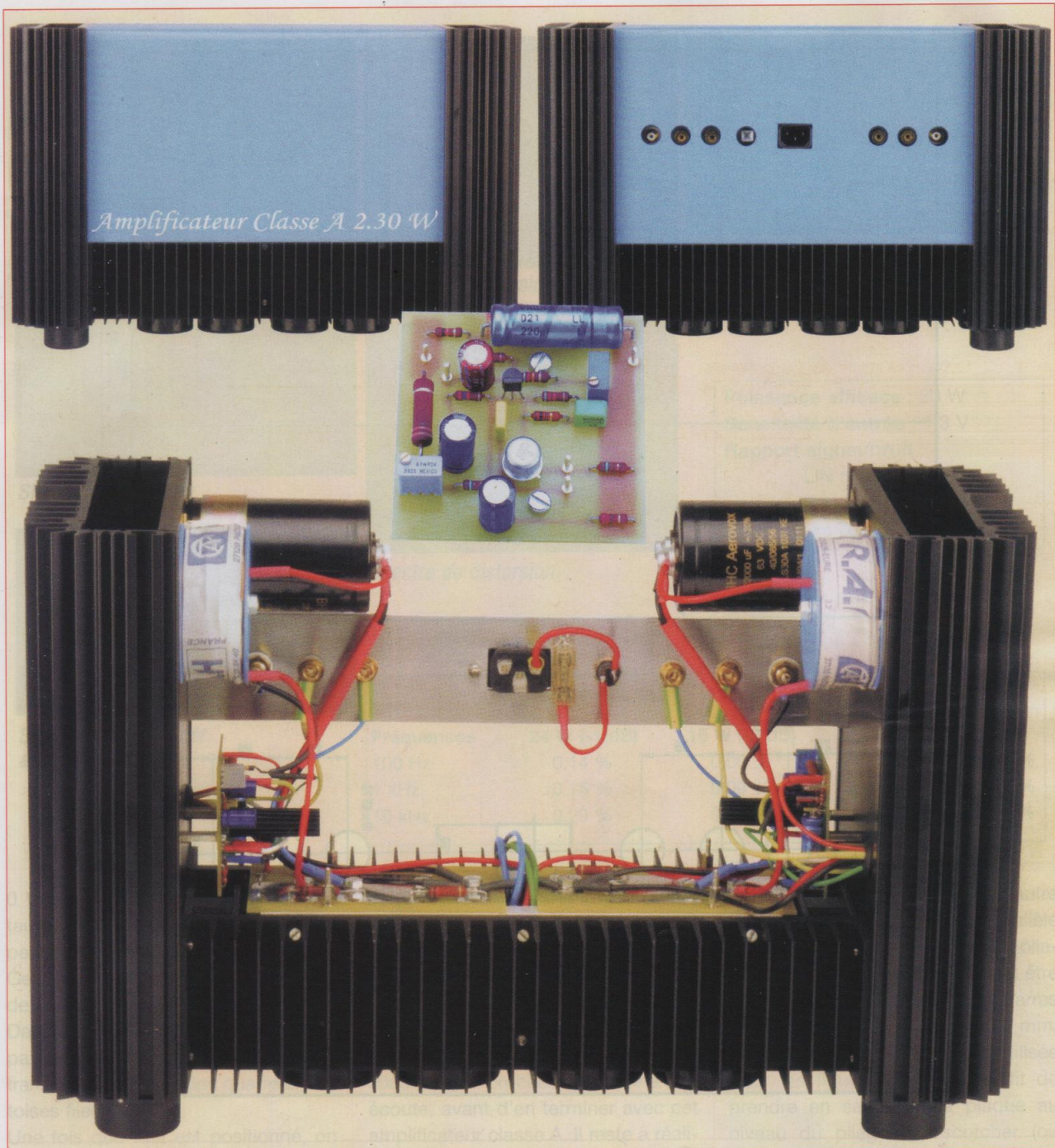
Un travail identique vous attend pour le deuxième canal de l'appareil afin que vous puissiez faire une écoute en stéréophonie.

Assemblage du classe A

Maintenant que nous avons réglé, puis écouté, les deux canaux de l'amplificateur, nous allons devoir tout démonter pour fixer les flasques aux dissipateurs K300.

Ce travail ne présente aucune difficulté puisque nous avons prévu des picots femelles pour les interconnexions. En profiter pour visser les ponts redresseurs aux K300 qui se retrouvent ainsi cosses « face à face ». Mettre en place la barre de renfort et l'équiper de ses différentes prises.

Si vous voulez équiper votre appareil

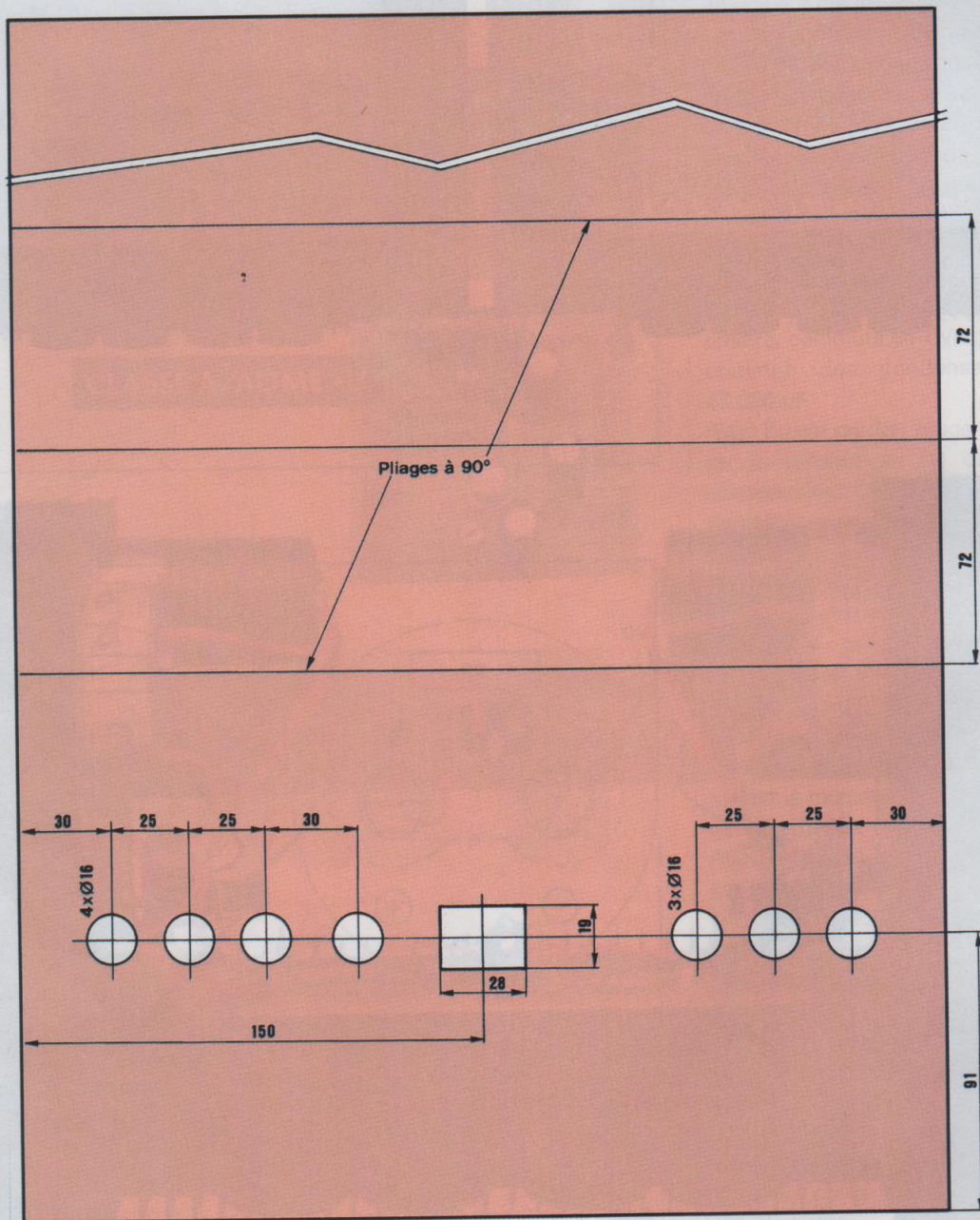


de ventilateurs, c'est également le moment de les fixer contre chacun des flasques. Ces ventilateurs de 60 x 60 x 25 mm sont des modèles à courant continu « 24 V ». Ils ne sont pas indispensables, mais contribuent à faire tomber la température de l'appareil de quelques degrés en pulsant de l'air, les coffrets C170 assemblés formant des cheminées. En profiter également pour visser les brides métalliques des condensateurs de filtrage de 22 000 $\mu\text{F}/63\text{ V}$ et une tige filetée non magnétique (laiton, par exemple) de $\varnothing 5\text{ mm}$ pour une

longueur de 40 mm. Cette tige filetée servira à la fixation de la self de filtrage. On peut à nouveau mettre en place les dissipateurs en faisant glisser les flasques dans leurs rainures et en repassant tous les fils dans les trous de $\varnothing 10\text{ mm}$. Les plaques de fond équipées des pieds empêchent les flasques de ressortir à l'autre extrémité. Reconnecter les modules en enfichant les picots femelles dans les picots mâles appropriés. Nous allons maintenant nous occu-

per des condensateurs de filtrage C2 et C3 de 47 000 μF . On compte deux condensateurs par canal de l'amplificateur. Ces condensateurs sont vissés à un circuit imprimé qui reçoit également les résistances d'équilibrage ainsi qu'un porte-fusible. Une implantation de C1 vous est proposée en **figure 12**, rien de plus simple ! La mise en place des composants en **figure 13** ne demande aucun commentaire complémentaire. Le circuit imprimé sert surtout de support aux condensateurs pour ne pas avoir à

14



utiliser des brides de fixations métalliques.

Deux circuits sont nécessaires, chacun d'eux étant fixé en deux points aux équerres en « L » vissées aux dissipateurs K300.

Les circuits imprimés sont immobilisés par deux vis et deux entretoises filetées M3 mâle/femelle de 8 mm ou 10 mm de hauteur. Ces entretoises vont recevoir les plaques d'aluminium de 144 x 50 mm de la figure 8.

Les condensateurs de 47 000 μF sont introduits par le dessous, entre les dissipateurs K300, en vérifiant bien

les polarités avant vissage, **aucune erreur ne doit être commise.**

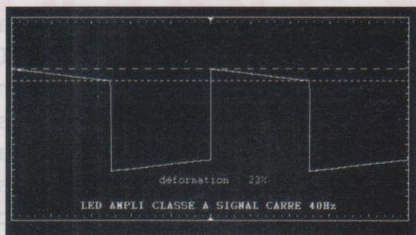
Au point commun (+) (-) des deux chimiques, dans l'une des vis, on introduit la cosse à souder équipée du câble bleu de 1 mm² qui a servi pour les essais. On fait de même avec le (-) et le câble noir muni de sa cosse qui vient de l'émetteur du transistor de puissance T4. On triple cette liaison car il faut ensuite que ce canon (-) de C3 soit connecté au (-) du pont redresseur et au (-) du condensateur de filtrage de tête de 22 000 $\mu\text{F}/63\text{ V}$. Au canon (+) de C2, on insère égale-

ment une cosse sous la tête de la vis. Après blocage, on y soude un câble rouge dont l'autre extrémité sera ensuite connectée à la self de filtrage. L'autre fil étamé de la self de filtrage sera connecté au (+) du condensateur de 22 000 μF , on repartira ensuite vers le (+) du pont redresseur.

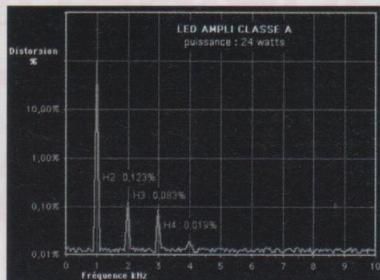
Le câble rouge, qui vient du collecteur de T3, est lui soudé au picot situé après le fusible.

Souder le câble jaune au bornier +HP. Souder le câble blindé qui véhicule la modulation à sa prise Cinch.

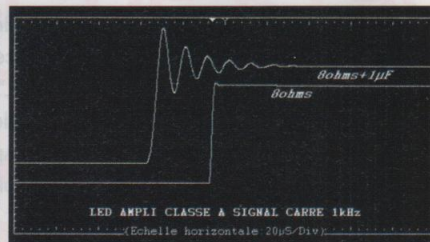
Côté module, la tresse est reliée au



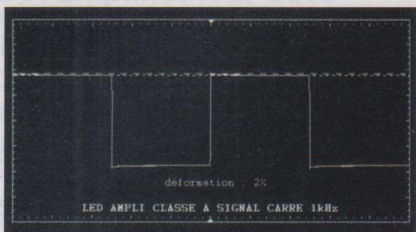
Signal carré à 40 Hz



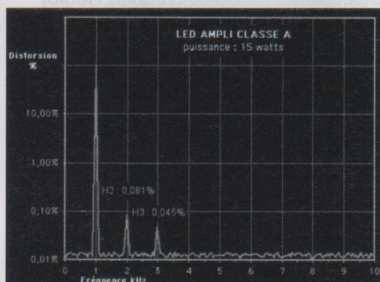
Spéctre de distorsion



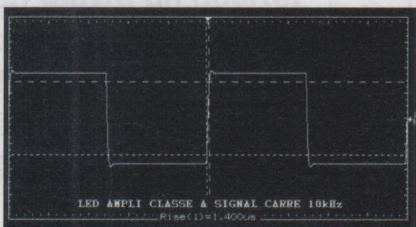
Comportement sur charge capacitive



Signal carré à 1 kHz



Spéctre de distorsion



Signal carré à 10 kHz
avec C5 = 100 pF

Puissance efficace : 30 W
Sensibilité d'entrée : 1,3 V
Rapport signal/bruit :
 LIN : 71 dB
 Pondéré : 82 dB
Diaphonie : 70 dB

Distorsion par harmoniques totale

Fréquences	24 W (-1 dB)	15 W (-3 dB)	7,5 W (-6 dB)	5 W
100 Hz	0,14 %	0,08 %	0,04 %	0,03 %
1 kHz	0,15 %	0,09 %	0,06 %	0,05 %
10 kHz	0,29 %	0,16 %	0,08 %	0,06 %

0 V. Les deux canaux de l'amplificateur câblés de la même façon, on peut s'occuper du transformateur. Celui-ci est donc vissé aux plaques de la figure 8.

Dans un premier temps, on ne bloque pas les écrous et on insère l'ensemble transfo/plaques dans les quatre entretoises filetées.

Une fois que tout est positionné, on bloque les huit écrous énergiquement.

Raccorder les deux secondaires de 36 V aux ponts redresseurs.

Pour faciliter les opérations, on peut utiliser des cosses FASTON 6,35.

Un fil du primaire est ensuite connecté à la prise secteur, tandis que l'autre est soudé à l'interrupteur.

Le deuxième plot de l'interrupteur est soudé à une patte d'un porte-fusible, l'autre extrémité étant reliée au deuxième fil du primaire.

Le circuit primaire est établi (après introduction du fusible dans son support).

Si vous avez opté pour la ventilation, relier les deux ventilateurs de 24 V en série de façon à pouvoir les alimenter directement à partir de l'un des ponts redresseurs, entre les cosses (+) et (-). Le câblage est terminé, les modules de « commande » ayant été réglés, vous pouvez procéder de suite à une écoute, avant d'en terminer avec cet amplificateur classe A. Il reste à réaliser son capot protecteur.

Le capot

Il est réalisé dans une plaque d'aluminium de 500 x 300 x 1,2 mm.

Cette plaque est pliée en U.

La **figure 14** donne toutes les indications nécessaires pour effectuer les différents perçages et découpe, ainsi que les deux pliages à 90°.

Nous pensons qu'il est préférable de commencer le travail du capot par les deux pliages.

On trace une ligne qui sépare la plaque en deux surfaces identiques

de 250 x 300 mm. De part et d'autre de cette ligne, on trace une parallèle à 72 mm qui précise l'endroit du pliage. Cette opération délicate peut être effectuée en s'aidant de deux barres en aluminium de 600 x 50 x 3 mm, telle que celle que nous avons utilisée pour les figures 8 et 9. Il suffit de prendre en sandwich la plaque au niveau du pliage, de scotcher (ou mieux encore de visser) les barres et de mettre l'ensemble entre les mors d'un étau.

Après avoir effectué les deux pliages, nous obtenons une face supérieure de 148 mm de largeur, juste ce qu'il faut pour que le \cap coulisse contre les dissipateurs C170 et ce jusqu'aux dissipateurs K300. Les équerres, qui maintiennent la barre de renfort à l'arrière de l'appareil, servent de guide au capot.

Il reste à effectuer les différentes découpes nécessaires aux passages des prises à l'arrière de l'amplificateur.

L'écoute

À la mise sous tension et après la charge des condensateurs de filtrage, le bruit résiduel est inaudible à 1 m des deux enceintes avec une simple self

de filtrage de 2,4 mH. En doublant cette valeur, elles restent muettes. L'écoute sur nos enceintes « Lyrr » donne d'excellents résultats. Après un quart d'heure de chauffe de l'amplificateur, la température est stabilisée

et les ventilateurs ne sont même pas indispensables, vu l'efficacité des C170. L'image sonore est parfaitement stable avec un grave ferme et puissant, sans traînage, ce qui est probablement dû à l'utilisation de transistors bipolaires (nous attaquons directement et volontairement l'amplificateur par un lecteur CD). Le médium est d'excellente qualité, sans agressivité. On ne ressent pas de fatigue auditive après une longue écoute. Les voix sont naturelles et la réverbération sur certains enregistrements parfaitement retransmise. Les impacts des percussions sont superbes, précis, très rapides. Le temps de montée de 1,4 µs de l'appareil n'y est pas étranger. Finalement, on a envie de rester dans son fauteuil pour écouter longuement ce dynamique classe A et redécouvrir ses CD.

B. DUVAL

Nomenclature

Alimentation

TrA1 : transformateur en « R »
Sélectronic de 2 x 36 V/300 VA
Int : interrupteur unipolaire
F1 : porte-fusible châssis avec fusible de 4A
PR1-PR2 : pont redresseur 10 A/100 V
C1 (x2) : 22000 µF/63 V avec bride de fixation
L1 (x2) : self R.A.H. de 2,4 mH

Connectique

4 borniers avec canons isolants, sorties HP (2 bagues rouges + 2 bagues noires)
2 RCA châssis avec canons isolants (bague rouge + bague noire)
1 embase secteur standard à visser

Châssis

2 coffrets/dissipateurs, réf. C170/250 (Sélectronic ou Saint-Quentin Radio)
2 dissipateurs K300 (300 x 43 x 70 mm)
4 pieds caoutchouc ø 40 mm, H : 20 mm
Barre longueur 600 mm (50 x 3)
Plaque 500 x 300 x 1,2 mm en aluminium
Profilé aluminium en «L», longueur 1 m (12,7 x 12,7 x 3,17)

Divers

2 ventilateurs 40 x 40 x 20 mm en 24 Vdc (facultatif)
Cosses à souder pour visserie M5
Tige filetée laiton ø 5 mm avec écrous de 5 (fixation des selfs)
Visserie M3 et M4
Gaine thermorétractable

LA PERFORMANCE AERONAUTIQUE ET SPATIALE AU SERVICE DE L'AUDIO



6 rue François Verdier
31830 PLAISANCE DU TOUCH
Tél 05 61 07 55 77 / Fax 05 61 86 61 89
E-mail : contactacea@acea-fr.com
Web : www.acea-fr.com



DE NOMBREUX AUTRES PRODUITS SONT DISPONIBLES SUR DEMANDE
FOURNITURE DE CES PRODUITS EN KITS: Frais de port offert !

SELF

LED 146-152	EI/10H	58,00 €	LED 161-162 7H	47,50 €
LED 151-170	Circuit C/3H	47,50 €	LED 175 Circuit C	30,50 €

LAMPES UNITAIRES

5725 CSF + sup. (par 10 et +)	8,40 €
6005 CSF + sup. (par 10 et +)	15,00 €
ECC81, ECC82, ECC83	10,00 €
EF86	20,00 €
ECF82	15,00 €
EZ81	16,60 €
ECL86 Philips	17,50 €
GZ32	19,00 €

Port lampes de 1 à 4 : 10.00€
de 5 à 10 : 12.00€

LAMPES APPAIRES

EL34 Tesla ou EH	35,00 €
845 Chine	110,00 €
300B Sovtek	200,00 €
KT90	120,00 €
KT88 EH	69,00 €
6550 EH	58,00 €
6L6 EH	35,00 €
6V6 EH	27,00 €
6SN7 EH	29,00 €
EL84 EH	26,00 €

TRANSFORMATEURS D'ALIMENTATION

Faible induction 1 Tesla - primaire 230V avec écran

LED N°	Secondaires	Prix TTC
136-140	2 x 225V - 2 x 6.3V	84,50 €
146-150	2 x 380V - 2 x 6.3V - 5V	97,00 €
147-148-188	Préampli tubes circuits "C" 2 x 220V - 2 x 6.3V	79,50 €
149-158	ALIM H.T./Préampli tubes 2 x 300V - 2 x 6.3V	82,50 €
152	2 x 300V - 2 x 6.3V	103,00 €
157-160	380V + 6.3v + 4 x 3.15V	96,00 €
161-162-163	Prim. 220V/230V - Ecran - 2 x 330V - 6.3V en cuve	185,50 €
172-173	Sec. 2 x 12V	89,50 €
163	Filtre actif 2 x 240V + 12V	57,00 €
166-170	Ecran - Sec. 2 x 230V + 6.3V - 4.5A	92,00 €
167-169	400V + 6.3V + 4 x 3.15V + 75V	110,00 €
EP 299	340 V - 4 x 3.15 V - 75 V - 6.3 V	87,50 €
EP 305	300 V - 9 V - circuit C	77,00 €
EP HS 11/06	Ampli 300B - 350 V - 75 V - 6.3 V - 4 x 5 V - En cuve	142,00 €

TRANSFORMATEURS DE SORTIE

LED n°	Imp. Prim	Imp. Sec	Puissance	Prix TTC
138	5000Ω	4/8Ω	5W	55,00 €
140-170-175	1250Ω	8Ω	Single 20W	85,50 €
145	625Ω	4/8Ω	Single 40W	110,00 €
146-150	6600Ω	4/8Ω	50W	110,00 €
152	2,3/2,8/3,5KΩ	4/8/16Ω	30W circuit C en cuve	227,00 €
157-160-169	3800Ω	4/8/16Ω	80W	110,00 €
159-171-173	3500Ω	4/8Ω	15W Circuit C en cuve	150,50 €
161-162	Single 845 - 8000Ω	4/8Ω	60 W - Circuit C en cuve	264,00 €
EP HS 11/06	PP 300B - 3000Ω	4/8Ω	30 W - En cuve	149,50 €

SUPPORTS

Noval ou octal chassis	4,60 €
Noval CI	3,30 €
Octal CI	4,60 €
4 cosses "300B"	9,90 €
Jumbo 845 arg.	18,00 €
Noval CI 7 broches	3,30 €

CONDENSATEURS

1500µF 350V	27,40 €
2200µF 450V	53,40 €
470µF 450V	16,00 €
470µF 500V	30,00 €
150000µF 16V	33,50 €
47000µF 16V	15,00 €

Port : 16€ le 1er transfo + 6.00€ par transfo supplémentaire
Minimum de facturation 50€ TTC sinon frais de traitement 6.50€

DOUBLE PUSH-PULL DE KT90

Bloc monophonique de 200 Weff

Cet amplificateur développe en fonctionnement continu une puissance nominale de 200 Weff. Sa puissance musicale atteint sans s'essouffler les 280 Weff. Il met en œuvre un quartet de KT90 en classe B. Sa bande passante s'étend de 20 Hz à 30 kHz à la puissance nominale.

Nous vous présentons ici la version complète comprenant, outre l'amplificateur, un module préampli/correcteur de tonalité qui peut y être intégré. L'amplificateur est destiné à sonoriser en haute fidélité des volumes conséquents ou à piloter des enceintes « haut de gamme » à faible rendement.

Le schéma

La structure du projet se compose de trois modules: un préamplificateur de 20 dB commutable, un correcteur de tonalité commutable et l'amplificateur (figure 1). L'alimentation distribue les différentes tensions selon le besoin. Le préamplificateur étant optionnel, nous commencerons par étudier l'amplificateur.

Le circuit d'entrée et le déphaseur

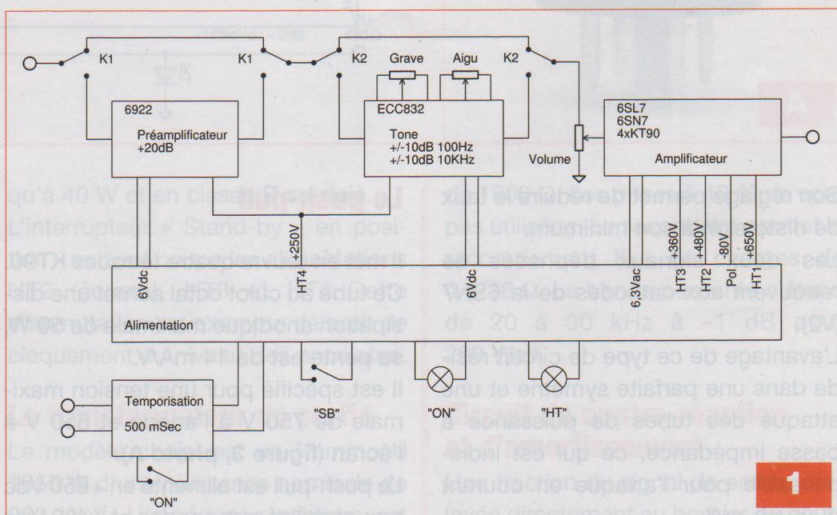
L'impédance d'entrée est de 470 k Ω . Si le préamplificateur n'est pas utilisé, il est recommandé de souder une résistance de 100 k Ω directement sur le socle d'entrée. Avec le préamplificateur, l'entrée de l'amplificateur est raccordée au curseur d'un potentiomètre de 47 k Ω (figure 2).

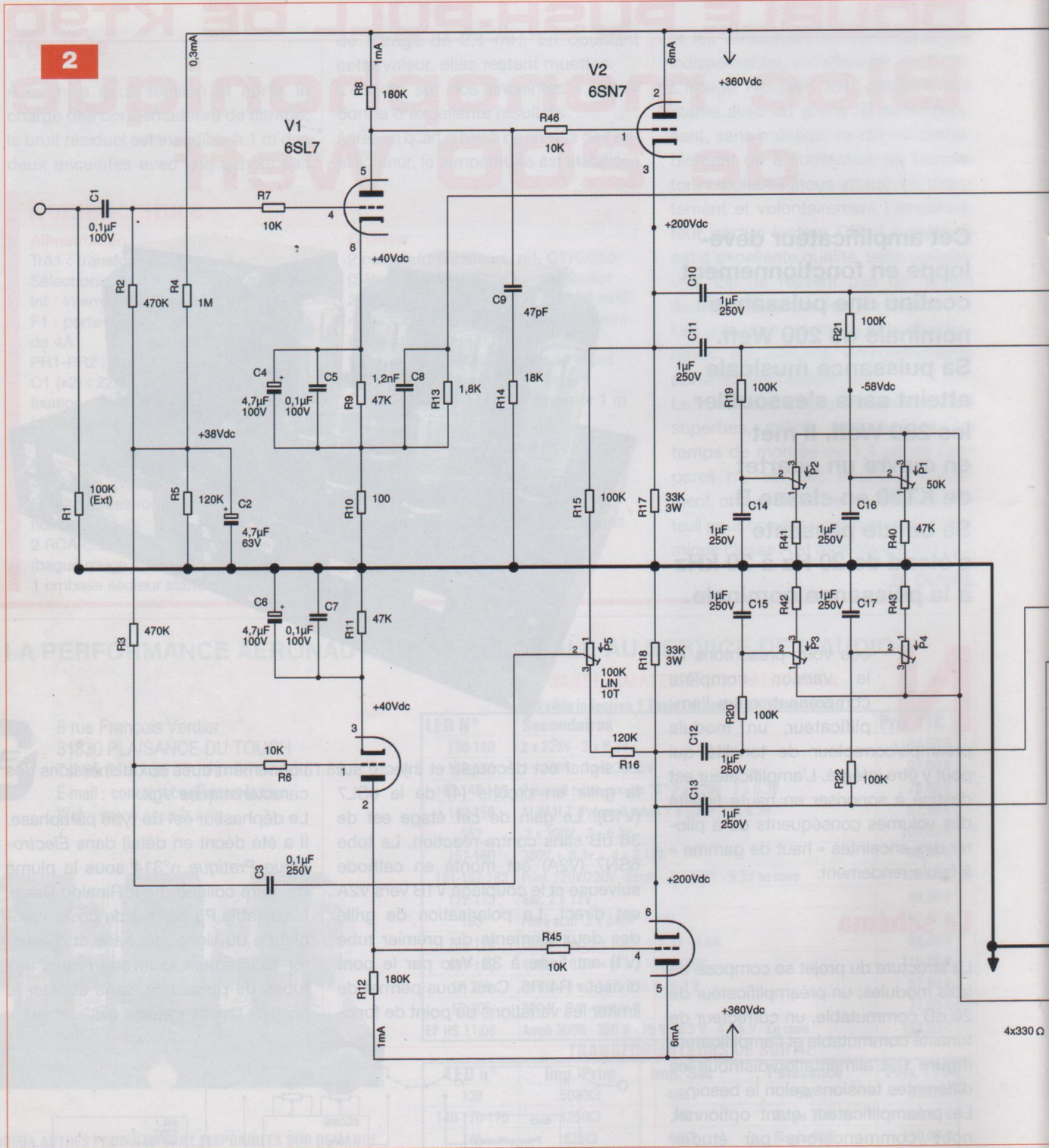


Le signal est découplé et injecté sur la grille en broche (4) de la 6SL7 (V1B). Le gain de cet étage est de 36 dB sans contre-réaction. Le tube 6SN7 (V2A) est monté en cathode suiveuse et le couplage V1B vers V2A est direct. La polarisation de grille des deux éléments du premier tube (V1) est fixée à 38 Vdc par le pont diviseur R4/R5. Ceci nous permet de limiter les variations du point de fon-

ctionnement dues aux dispersions des caractéristiques Vgk.

Le déphaseur est du type paraphase. Il a été décrit en détail dans *Électronique Pratique* n°314 sous la plume de notre collaborateur Rinaldo Bassi. L'ajustable P5 permet de doser l'amplitude du signal déphasé et d'injecter exactement le niveau requis aux tubes de puissance, sans affecter le point de fonctionnement des « drivers ».



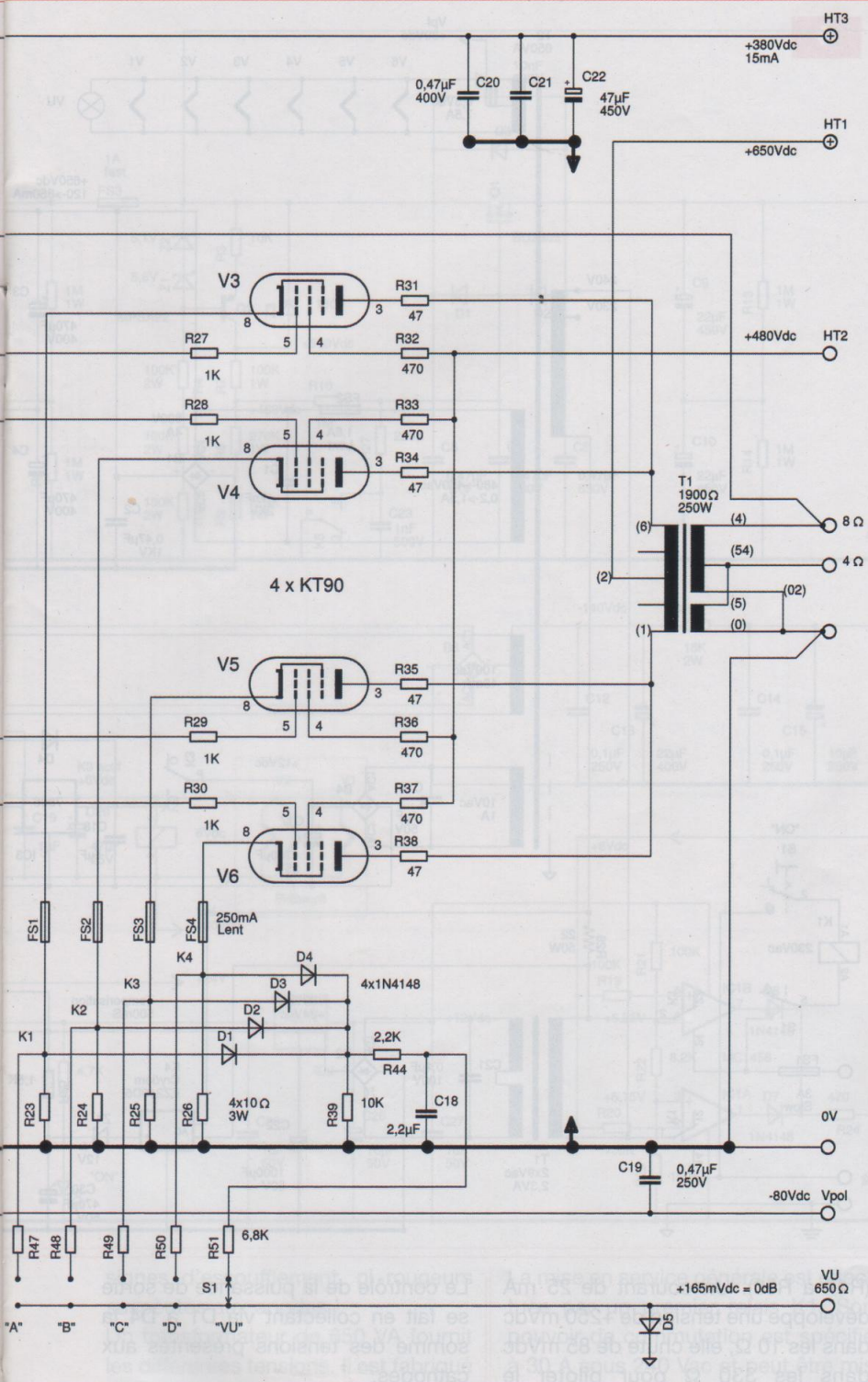


Son réglage permet de réduire le taux de distorsion à son minimum. Les deux signaux déphasés se retrouvent aux cathodes de la 6SN7 (V2). L'avantage de ce type de circuit réside dans une parfaite symétrie et une attaque des tubes de puissance à basse impédance, ce qui est indispensable pour l'attaque en courant du push-pull.

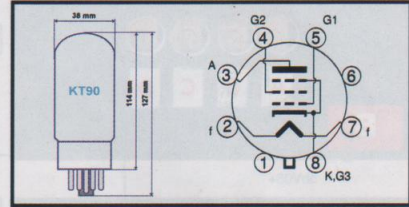
Le push-pull

Il met en œuvre quatre tétrodes KT90. Ce tube au culot octal admet une dissipation anodique maximale de 50 W, sa pente est de 14 mA/V. Il est spécifié pour une tension maximale de 750 V à l'anode et 650 V à l'écran (**figure 3, photo A**). Le push-pull est alimenté en +650 Vdc non-stabilisé aux anodes et +480 Vdc

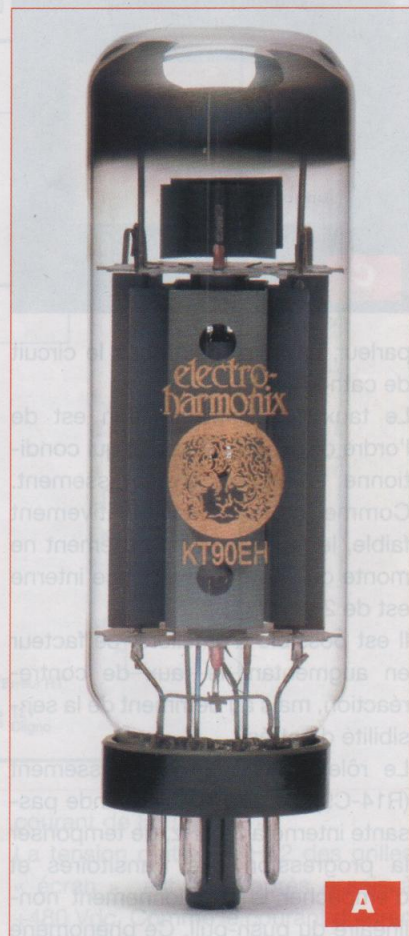
stabilisé aux grilles « écran ». Les cathodes sont reliées à la masse via des résistances de 10 Ω et un fusible de 250 mA, ce qui permet de compenser les faibles différences d'appairage qui peuvent survenir au cours du temps. La polarisation négative des grilles de « commande » est assurée par une alimentation indépendante non-stabilisée de -80 Vdc. Ceci permet une



KT90	
Filament	6,3 V / 1,6 A
Va max	750 V
Vg2 max	650 V
Ik max	230 mA
Wa max	50 W
Wg2 max	8 W
μ	14 mA/V
Ri	11 KΩ



3



A

auto-régulation partielle de la dissipation des tubes. En effet, en cas de tension secteur haute, la hausse de la HT est compensée par le recul de la polarisation négative. Les potentiomètres P1 à P4 fixent le courant de repos à 25 mA. La dissipation des tubes au repos est de 16 W. Les tubes choisis sont des Electro-Harmonix. Nous fonctionnons en classe AB jus-

qu'à 40 W et en classe B au-delà. L'interrupteur « Stand-by » en position « active » coupe les alimentations HT2 (écrans), HT3 et HT4. Cette commutation est exempte de bruit de claquement au niveau des enceintes.

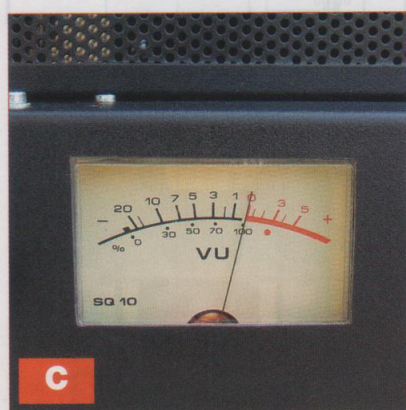
Le transformateur de sortie

Le modèle choisi est un Hammond 1650 W d'une puissance nominale de 280 Weff. L'impédance primaire est

de 1900 Ω. Les prises à 40 % ne sont pas utilisées. Le secondaire permet le raccordement fixe de charges de 4/8/16 Ω. La bande passante s'étend de 20 à 30 kHz à -1 dB pour 200 Weff.

Circuit de contre-réaction et d'amortissement

Une fraction du signal de sortie, prélevée directement au bornier du haut-



parleur, est réinjectée dans le circuit de cathode de V1B.

Le taux de contre-réaction est de l'ordre de 12 dB. C'est lui qui conditionne le facteur d'amortissement. Comme ce taux est relativement faible, le facteur d'amortissement ne monte qu'à 4 et la résistance interne est de 2 Ω.

Il est possible d'améliorer ce facteur en augmentant le taux de contre-réaction, mais au détriment de la sensibilité d'entrée.

Le rôle du circuit d'amortissement (R14-C9) est de limiter la bande passante interne à 30 kHz, de temporiser la progression des transitoires et d'empêcher le fonctionnement non-linéaire du push-pull. Ce phénomène n'existe pas en l'absence de contre-réaction.

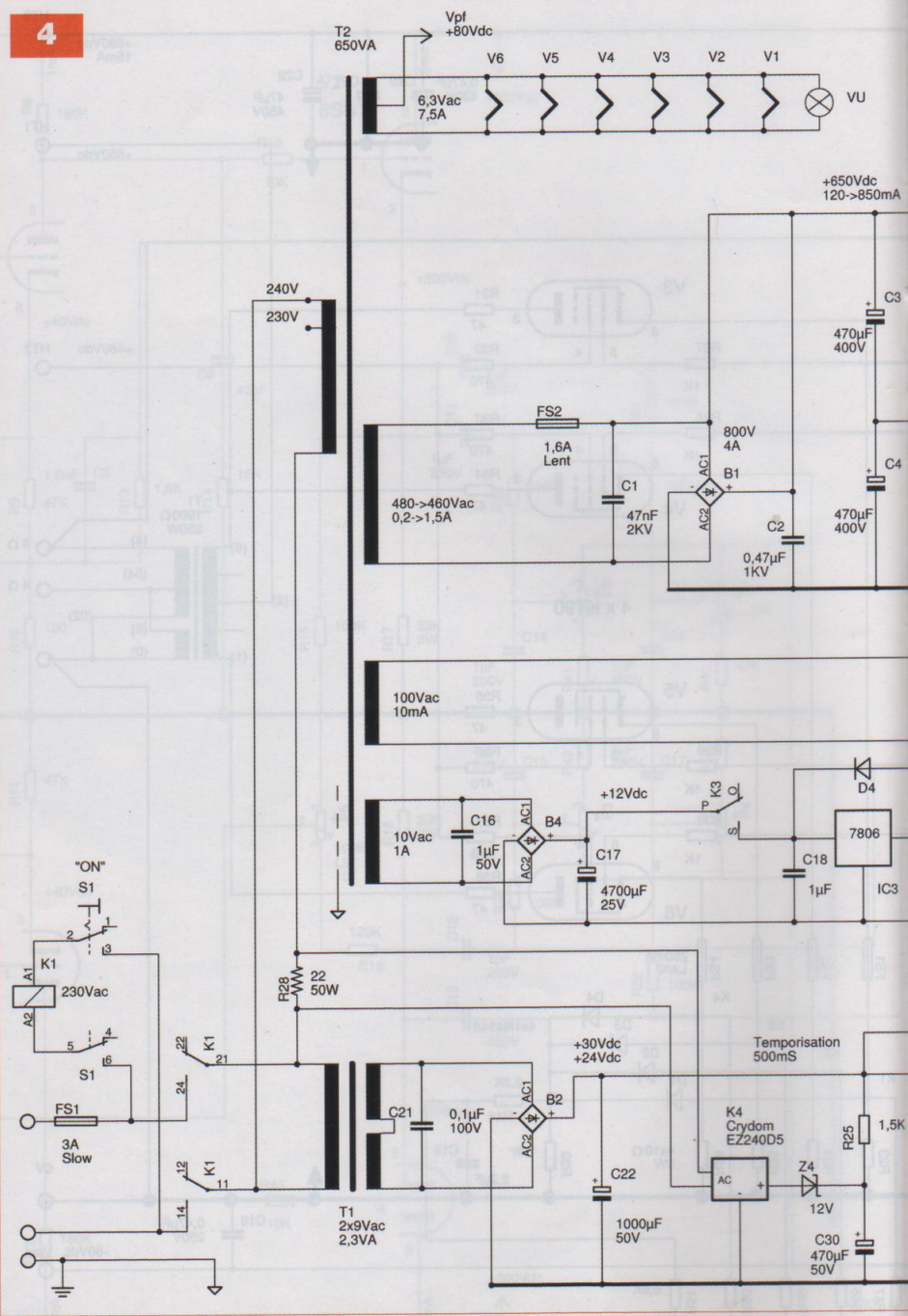
Le temps de montée est de 6 μs.

Circuit de contrôle du courant de cathodes et vumètre

Le réglage du courant de repos des tubes est visualisé par un vumètre placé en face avant de l'appareil.

La tension présente aux bornes des résistances de 10 Ω (R23 à R26) est prélevée via des résistances de 330 Ω

4



(R47 à R50). Un courant de 25 mA développe une tension de +250 mVdc dans les 10 Ω, elle chute de 85 mVdc dans les 330 Ω pour piloter le vumètre.

Ce dernier présente une résistance de 650 Ω, ce qui nécessite 165 mVdc pour afficher 0 dB.

Le commutateur S1 sélectionne une des quatre tensions de réglage et le contrôle de la puissance de sortie. Les quatre potentiomètres P1 à P4 sont accessibles sur le côté gauche du châssis (photo B). Le réglage à 25 mA s'effectue pour obtenir 0 dB au vumètre (photo C).

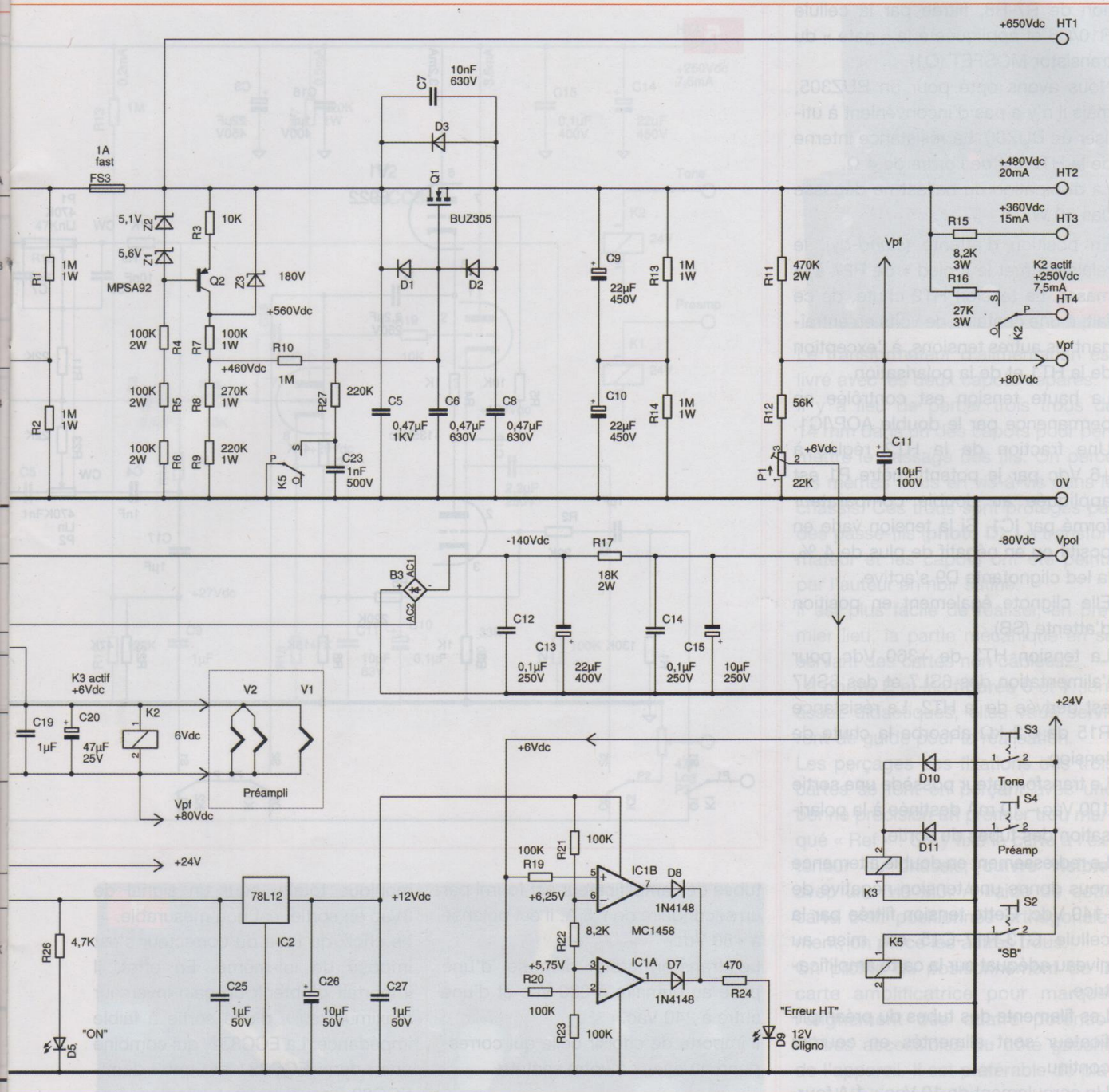
Le contrôle de la puissance de sortie se fait en collectant via D1 à D4 la somme des tensions présentes aux cathodes.

Circuit d'alimentation

• Petit préambule

L'alimentation semble complexe, mais c'est la condition pour un fonctionnement sécurisé des tubes. Les 280 W musicaux sont obtenus sans que l'alimentation ne « flanche », la limitation vient de la puissance maximale dissipée aux anodes.

Au cours des essais jusqu'à l'écrêtage à 300 W, les tubes n'ont montré ni



signes d'essoufflement, ni rougeurs suspectes aux anodes !

Un transformateur de 650 VA fournit les différentes tensions. Il est fabriqué par ACEA et porte la référence P567A.

La mise « en circuit » de ce transformateur, chargé par les filaments des tubes et les condensateurs tampons, consomme un courant instantané de plusieurs dizaines d'ampères. Elle doit être temporisée sous peine de faire disjoncter les protections du secteur, le fusible de l'amplificateur ou de dégrader rapidement le commutateur.

La mise en service générale est effectuée par un premier relais K1. Son pouvoir de commutation est spécifié à 30 A sous 240 Vac et peut être mis en service par un petit interrupteur de 240 Vac - 1 A (**figure 4**).

Pendant 500 ms, une résistance de 22 Ω limite le courant à 10 A avant d'être court-circuitée par le relais K4. La temporisation du relais solide K4 est obtenue par la mise sous tension d'un petit transformateur de 2,3 VA qui fournit une tension de +30 Vdc et charge le circuit R25-C30-Z4. La haute tension redressée HT1 atteint 650 Vdc et peut débiter un

courant de 850 mA.

La tension d'attaque HT2 des grilles « écran » est fixée après essais à +480 Vdc. Comme le courant d'écran varie fortement en fonction de la demande, il est préférable de la stabiliser. C'est la fonction du circuit à semiconducteurs.

Le transistor Q2, les diodes zéner Z1, Z2 et la résistance d'émetteur R3 sont montés en source de courant pour le circuit collecteur. Les « 1 mA » qui parcourent R3 développent aux bornes de R7, R8 et R9 une tension stabilisée de +560Vdc. La tension de commande est « repiquée » à la jonc-

tion de R7-R8, filtrée par la cellule R10/C6 et appliquée à la « gate » du transistor MOSFET (Q1).

Nous avons opté pour un BUZ305, mais il n'y a pas d'inconvénient à utiliser un BUZ80. La résistance interne de la HT2 est de l'ordre de 4 Ω .

La dissipation du ballast ne dépasse pas 10 W.

En position d'attente (*stand-by*), le relais K5 met le « pied » de R27 à la masse. La tension HT2 chute, de ce fait, à une centaine de volts en entraînant les autres tensions, à l'exception de la HT1 et de la polarisation.

La haute tension est contrôlée en permanence par le double AOP/IC1. Une fraction de la HT2 réglée à +6 Vdc par le potentiomètre P1 est appliquée au double comparateur formé par IC1. Si la tension varie en positif ou en négatif de plus de 4 %, la led clignotante D9 s'active. Elle clignote également en position d'attente (SB).

La tension HT3 de +360 Vdc pour l'alimentation des 6SL7 et des 6SN7 est dérivée de la HT2. La résistance R15 de 8,2 k Ω absorbe la chute de tension.

Le transformateur possède une sortie 100 Vac – 10 mA destinée à la polarisation des tubes de sortie.

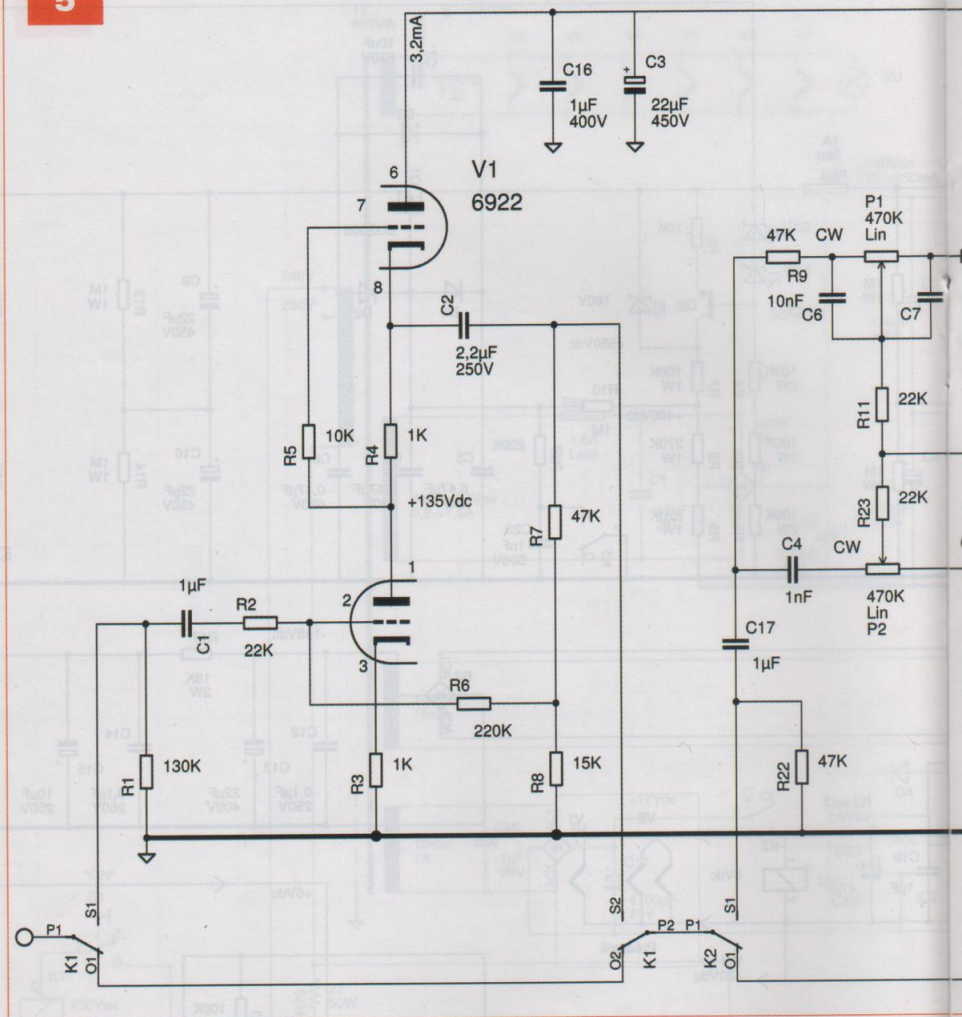
Le redressement en double alternance nous donne une tension négative de -140 Vdc. Cette tension filtrée par la cellule C13-R17-C15 est mise au niveau adéquat sur la carte amplificatrice.

Les filaments des tubes du préamplificateur sont alimentés en courant continu.

Un enroulement de 10 Vac – 1 A fournit après redressement une tension de +12 Vdc.

Le relais K3 met en service le régulateur IC3 qui fournit les 6 Vdc du chauffage des tubes quand l'utilisation du préamplificateur ou du correcteur de tonalité est requise. Ces mêmes 6 Vdc activent le relais K2 qui met en circuit l'alimentation HT4 de +250 Vdc du préamplificateur. La HT4 est dérivée de la HT2 et la résistance R16 de 27 k Ω absorbe la chute de tension. Par défaut, le préamplificateur et le correcteur ne sont pas alimentés. Le régulateur IC3 dissipe 4 W. Le chauffage des filaments des six

5



tubes de l'amplificateur est fourni par un secondaire de 7,5 A. Il est polarisé à +80 Vdc.

Le transformateur dispose d'une prise au primaire à 230 Vac et d'une autre à 240 Vac.

Il importe de choisir celle qui correspond au mieux à votre secteur.

Le préamplificateur

Le circuit préamplificateur a déjà été étudié in extenso dans *Électronique Pratique* n°317. En bref, le schéma en **figure 5** combine le préamplificateur SRPP et le correcteur de tonalité.

Le gain de l'étage d'entrée du SRPP équipé d'une 6922 est de 30 et l'impédance de sortie de 245 Ω . Cette faible impédance de sortie se révèle très intéressante pour piloter le circuit de tonalité.

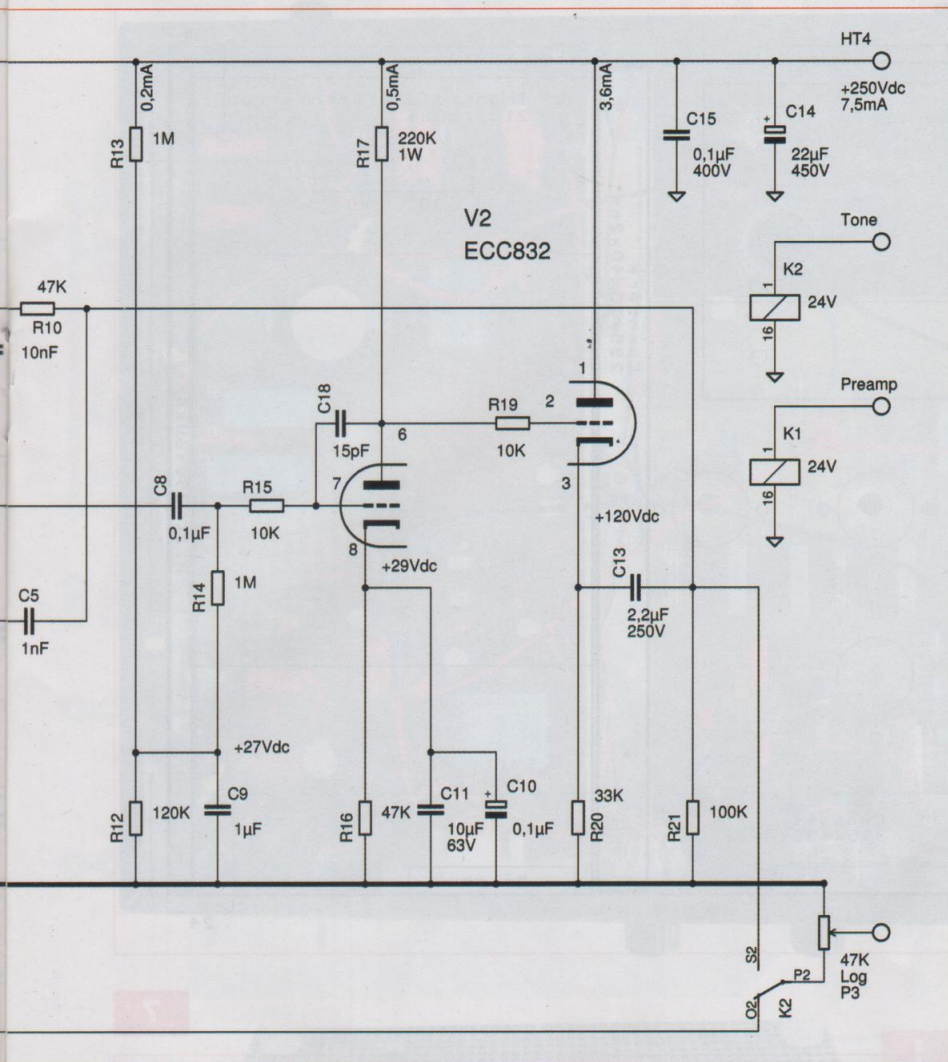
La contre-réaction générée par le circuit R2, R6, R7 et R8 ramène le gain à 20 dB (10X) et diminue encore l'impédance de sortie. La distorsion har-

monique totale, pour un signal de 3Vac en sortie, est non mesurable.

Le choix du tube du correcteur s'est imposé de lui-même. En effet, il importait d'obtenir un gain inverseur maximum suivi d'une sortie à faible impédance. La ECC832, qui combine une demi-ECC83 et une demi-ECC82, nous permet d'obtenir un gain en tension de 70 en boucle ouverte et une impédance de sortie de l'ordre de 2 k Ω , ramenée à 30 Ω du fait de la contre-réaction totale.

La tension de polarisation de la grille de V2 est fixée à un potentiel de +27 Vdc, ce qui porte la cathode à +29 Vdc. Cette configuration assure un point de fonctionnement bien stable.

Le couplage à la triode de sortie est direct. Le condensateur C18 de 15 pF limite la bande passante à 60 kHz à -3 dB. Le correcteur de type « Baxandall » accentue ou atténue le signal de +/- 10 dB à 100 Hz et à 10 kHz.



Le transformateur d'alimentation est livré avec les deux capots séparés. Il y a lieu de percer trois trous de 14 mm dans un des capots pour permettre le passage des fils. On perce les mêmes trous en vis-à-vis dans le châssis. Ces trous sont protégés par des passe-fils (**photo D**). Le transformateur et les capots ont été peints par l'auteur en noir satiné.

Il est plus facile de réaliser, en premier lieu, la partie mécanique en se servant des cartes non câblées.

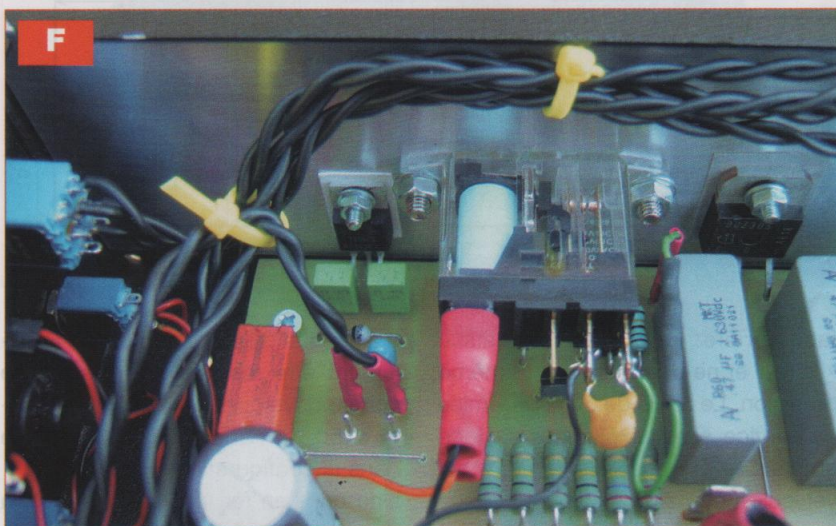
La **photo E** et les **figures 6 et 7** sont assez didactiques, elles vous serviront de guide pour la réalisation.

Les perçages des fixations des trois cartes se font en perçant avec une bonne précision un premier trou marqué « Ref ». On y fixe la carte à l'extérieur du châssis, **cuivre visible**, avec une vis M3. A l'aide de cette carte bien positionnée orthogonalement, on perce les autres trous.

On profite du positionnement de la carte amplificatrice pour marquer l'alignement des quatre potentiomètres accessibles du côté gauche de l'appareil. Il est préférable de placer définitivement les quatorze entretoises F-F/M3 de 15 mm.

Un profilé plat en aluminium mesurant 295 x 60 x 6 mm est fixé au flanc intérieur du châssis, côté alimentation. Il reçoit le relais solide K4, le relais « stand-by » K5, le régulateur 7806 et le BUZ305. Ces deux derniers sont à isoler électriquement par un intercalaire et un canon isolant (**photo F**).

Il est capital de veiller à l'absence de toute impureté à l'endroit du contact avec l'intercalaire du BUZ305 en le ponçant à l'aide d'un papier à l'eau d'un grain de 600. Tous ces perçages se font *in situ*.



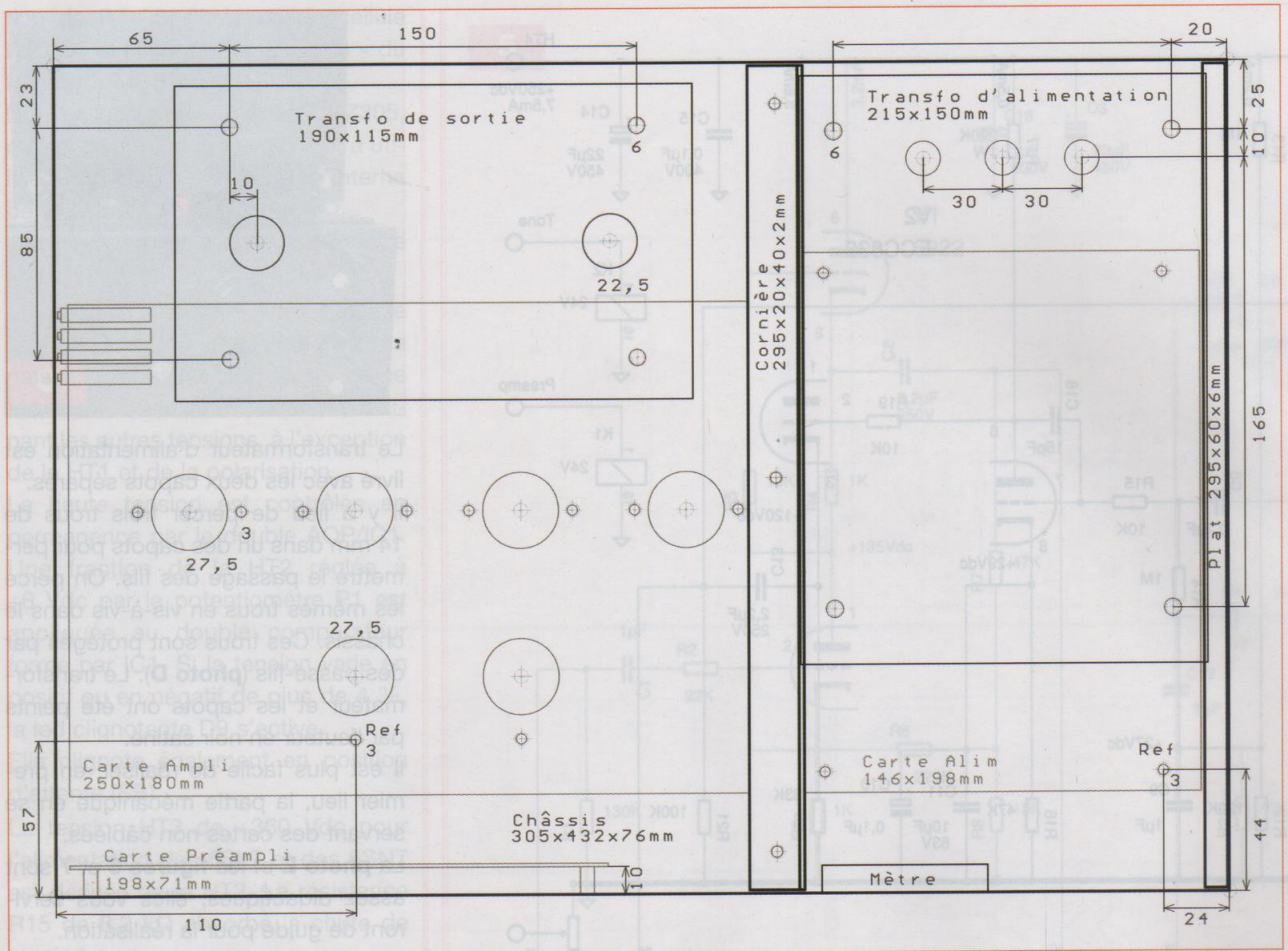
Mise en œuvre

La mécanique

L'ensemble du projet est regroupé sur un châssis Hammond mesurant 432 x 305 x 76 mm. Il porte la référence 1441-36BK3. La réalisation comprend deux cartes imprimées : la

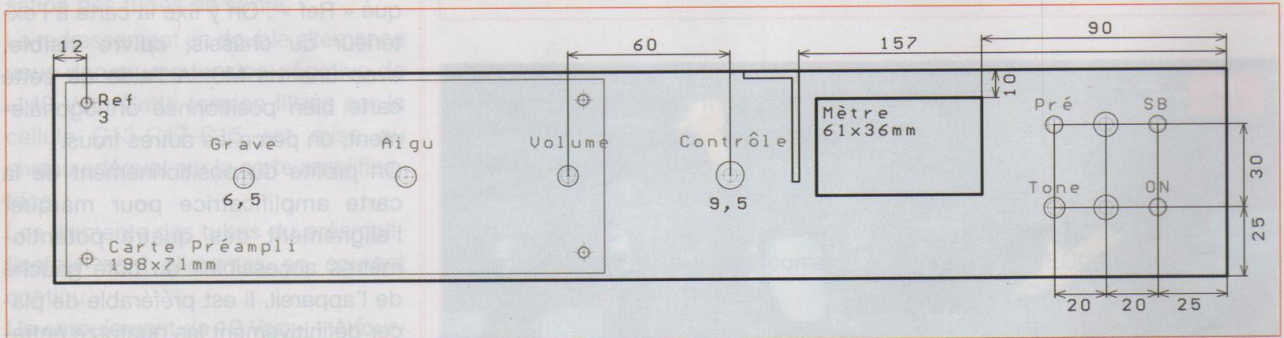
carte d'alimentation et la carte amplificatrice. La troisième carte préamplificatrice est optionnelle.

La fixation des deux transformateurs ne nécessite pas de découpe au niveau du châssis, ce qui facilite grandement la réalisation et offre un maximum de place sous celui-ci.



6

7



On profite d'une des vis de fixation de ce profilé pour y raccorder la masse du socle secteur et la prise « écran » du transformateur.

Une cornière en aluminium mesurant 295 x 20 x 40 x 2 mm est placée entre les deux cartes avant de fixer les deux transformateurs. Cette cornière est indispensable. Malgré l'épaisseur de 1,2 mm de la tôle, le poids des deux transformateurs (30 kg !) crée un affaissement au centre du châssis. Les deux transformateurs sont solidement fixés avec des boulons M6. L'emplacement des accessoires de la

face arrière (**photo G**) est laissé « libre » et ne demande pas la même précision. Le relais de 30 A de « mise en service » est fixé contre la face arrière. La résistance R28 de 22 Ω qui véhicule la tension secteur est fixée par deux vis en nylon sur la cornière en aluminium. Elle est isolée par un morceau d'époxy (**photo H**). Les découpes circulaires de 22,5 mm et 27,5 mm sont réalisées avec précision à l'aide d'un poinçon emporte-pièce.

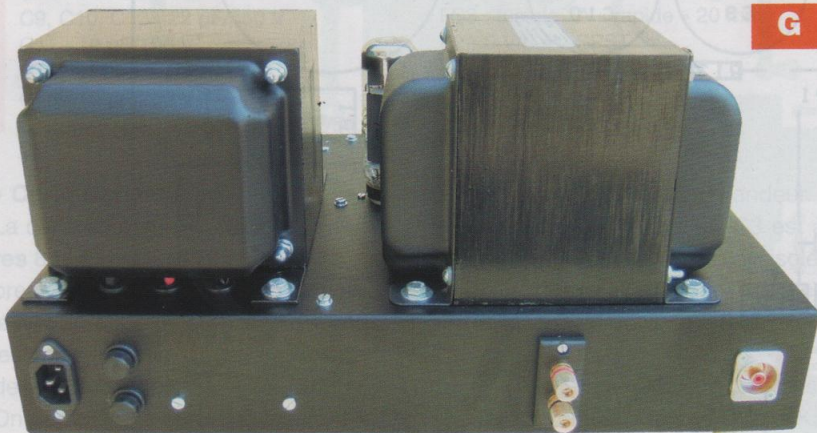
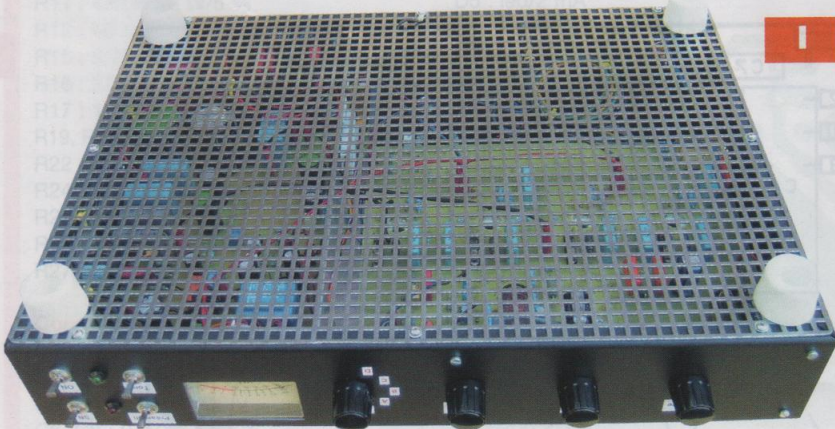
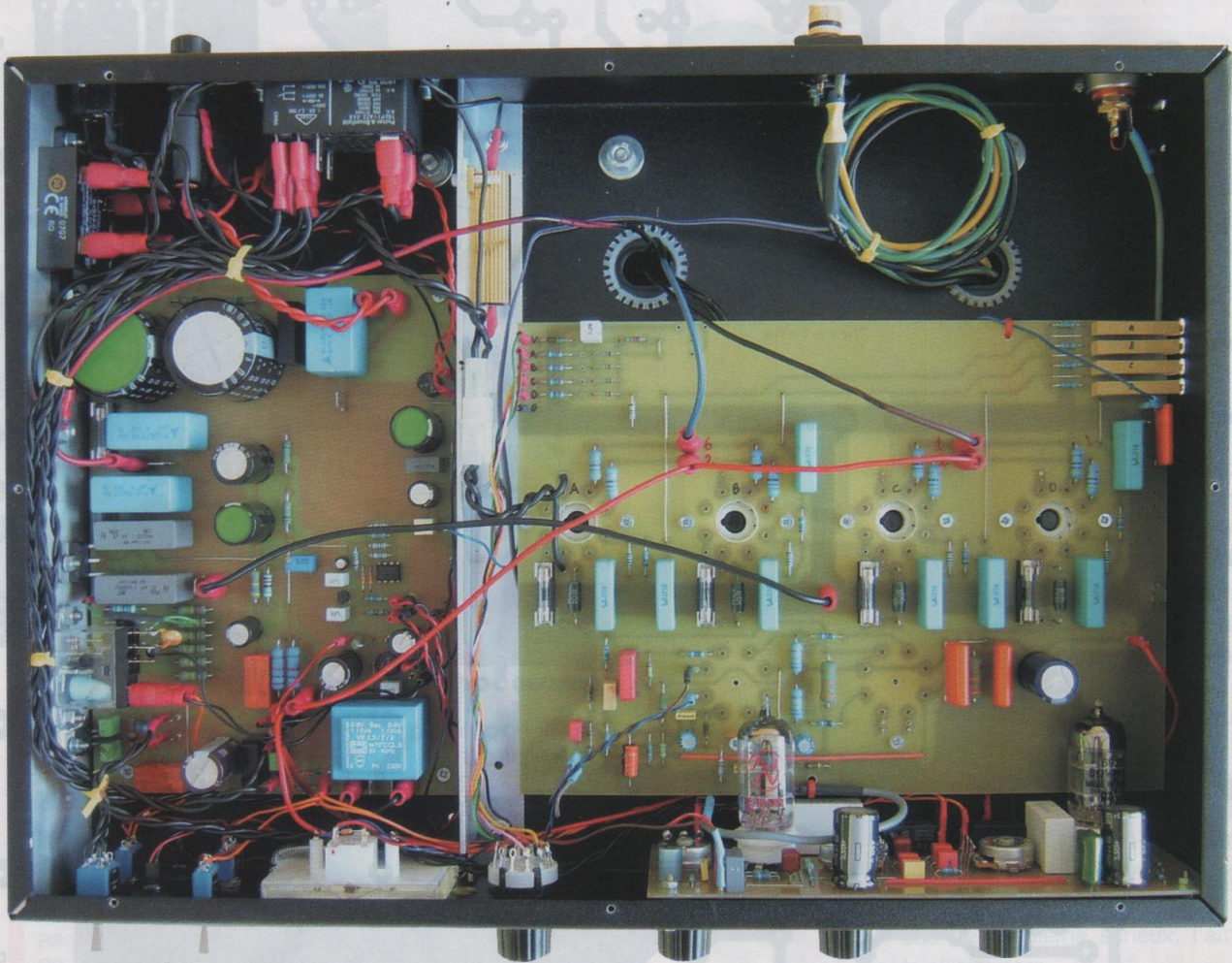
Si vous optez pour une autre disposition, l'orientation des transformateurs

d'alimentation et de sortie doit absolument être respectée au risque de voir se développer une tension induite à 50 Hz. Cette tension est nulle dans la configuration choisie.

Une grille en fer (**photo I**) ajourée, à laquelle sont fixés quatre pieds de 20 mm de haut, vient se fixer sur les bords du châssis.

Les circuits imprimés et leur installation dans le châssis

Nous recommandons de ne câbler les cartes qu'après s'être assuré que la mécanique ne pose plus de problème.

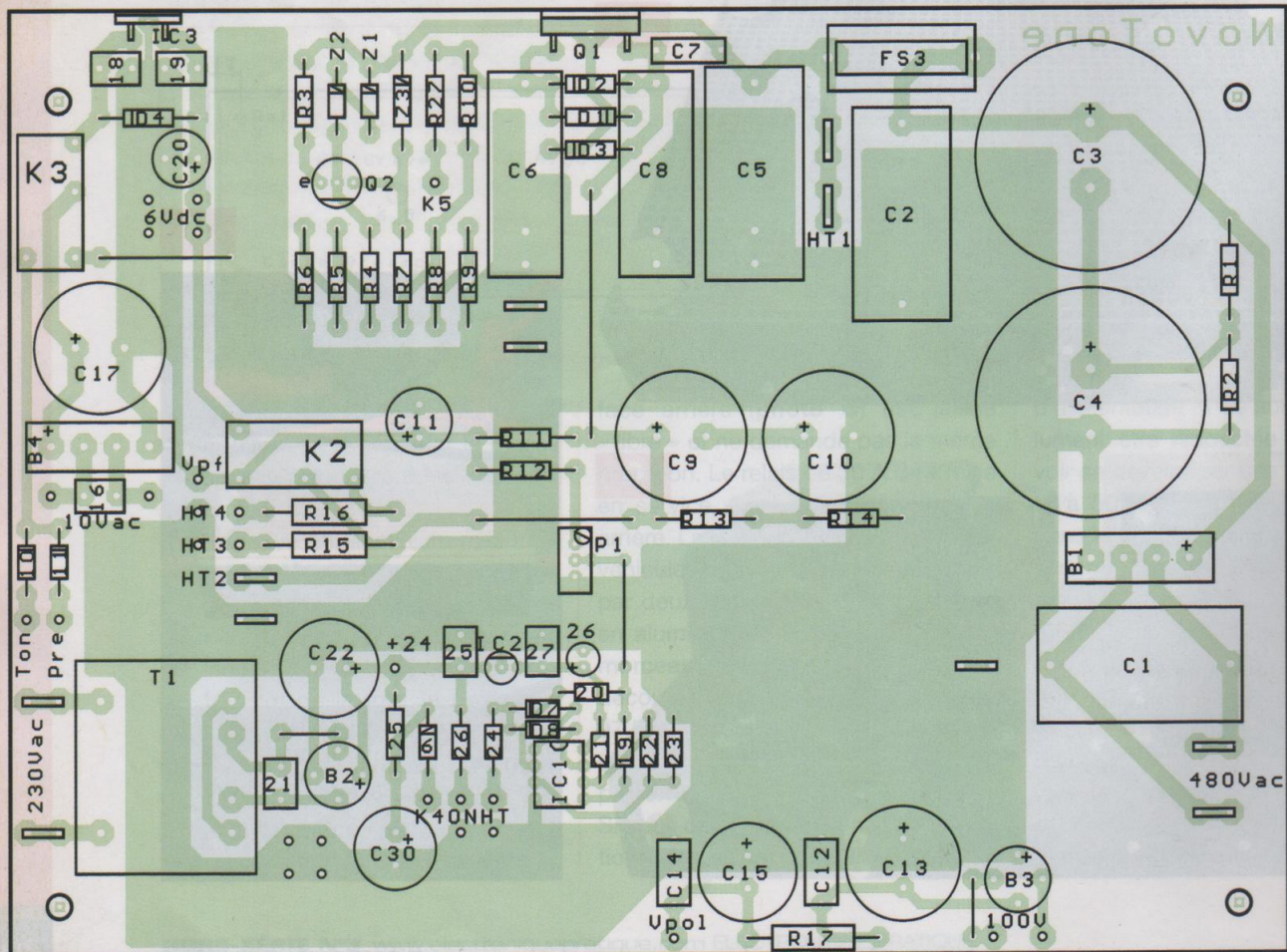
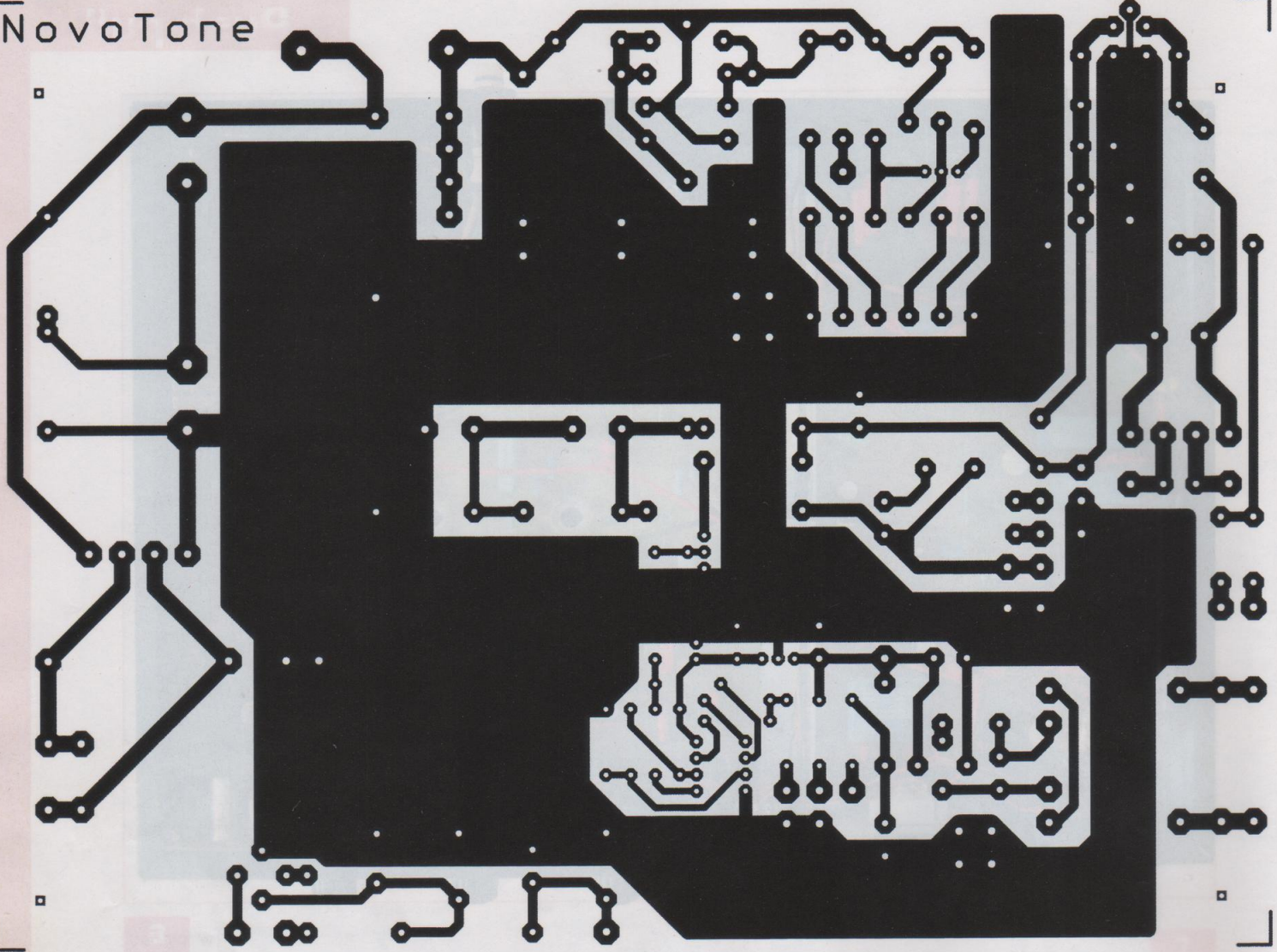


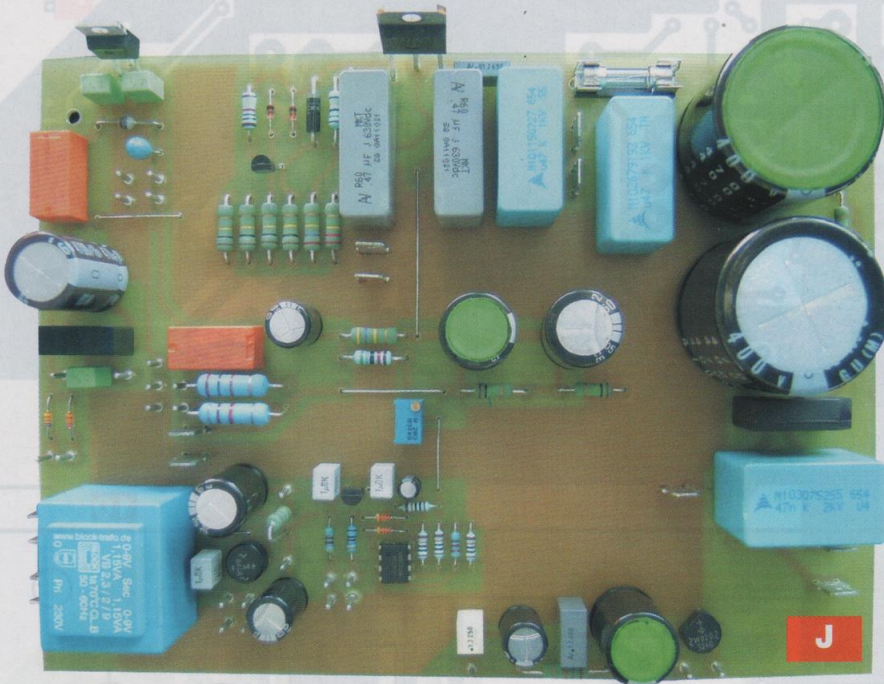
E

I

H

G





Nomenclature

CARTE ALIMENTATION

Résistances

R1, R2, R13, R14 : 1 M Ω /1 W/5 %
 R3 : 10 k Ω /1/4 W/1 %
 R4, R5, R6 : 100 k Ω /2 W/5 %
 R7 : 100 k Ω /1 W/5 %
 R8 : 270 k Ω /1 W/5 %
 R9 : 220 k Ω /1 W/5 %
 R10 : 1 M Ω /1/2 W/1 %
 R11 : 470 k Ω /2 W/5 %
 R12 : 56 k Ω /1/2 W/1 %
 R15 : 8,2 k Ω /3 W/5 %
 R16 : 27 k Ω /3 W/5 %
 R17 : 18 k Ω /2 W/5 %
 R19, R20, R21, R23 : 100 k Ω /1/4 W/1 %
 R22 : 8,2 k Ω /1/4 W/1 %
 R24 : 470 Ω /1/4 W/1 %
 R25 : 1,5 k Ω /1 W/5 %
 R26 : 4,7 k Ω /1/4 W/1 %
 R27 : 220k Ω /1/4 W/1 %

Condensateurs à sorties « radial »

C1 : 47 nF/2000 V
 C2, C5 : 0,47 μ F/1000 V
 C3, C4 : 470 μ F/400 V
 C6, C8 : 0,47 μ F/630 V
 C7 : 10 nF/630 V
 C9, C10, C13 : 22 μ F/450 V
 C11 : 10 μ F/100 V
 C12, C14 : 0,1 μ F/400 V
 C15 : 10 μ F/250 V
 C16, C18, C19, C25, C27 : 1 μ F/50 V

• Carte alimentation

La carte alimentation (photo J, figures 8 et 9) mesure 198 x 146 mm. La première opération consiste à insérer les vingt-sept picots de 1,3 mm et les onze Faston. Suit le placement des six pontages.

On complète la carte en insérant les

C17 : 4700 μ F/25 V
 C20 : 47 μ F/25 V
 C21 : 0,1 μ F/100 V
 C22 : 1000 μ F/50 V
 C23 : 1 nF/500 V
 C26 : 10 μ F/50 V
 C30 : 470 μ F/50 V

Semiconducteurs

D1, D2, D3, D4 : 1N4007
 D5 : led/2 mA
 D7, D8, D10, D11 : 1N4148
 D9 : led/12 V clignotante
 IC1 : MC1458
 IC2 : 78L12
 IC3 : 7806
 Q1 : BUZ305
 Q2 : MPSA92
 Z1 : 5,1 V/500 mW
 Z2 : 5,6 V/500 mW
 Z3 : 180 V/1,3 W
 Z4 : 12 V/500 mW

Divers

B1 : 800 V/4 A
 B2 : 40 V/1,5 A
 B3 : 200 V/1 A
 B4 : 40 V/5 A
 FS3 : fusible 1A « rapide » 20 mm
 K2 : 6 V/6 A - SPST
 K3 : 24 V/6 A - SPST
 P1 : 22 k Ω /10 tours « vertical »
 T1 : 230 V/ 2 x 9 V/2,3 VA

composants par ordre de grandeur.

Le boîtier du condensateur C3 est à +330 Vdc, il importe qu'il soit isolé. C'est la raison d'être des pastilles vertes. Il en va de même pour C9, C13 et C15.

Le condensateur C23 de 1nF est soudé directement sur le relais K5

(photo F). Le transistor Q1 et le régulateur IC3 sont soudés de manière à dépasser le bord de la carte de 1 à 2 mm. Le trou de fixation est, pour IC3, à 20 mm de la surface de la carte et, pour Q1, à 25 mm (pour le BUZ305) ou 20 mm (pour le BUZ80). Il est préférable de tester la carte avant de la fixer dans le châssis.

En appliquant le 230 Vac au transformateur T1, vérifier la présence du +30 Vdc aux bornes de R5 et les tensions aux broches 8, 3 et 6 de IC1. Supprimer l'alimentation de T1, raccorder le transformateur de puissance et alimenter de préférence avec un Variac.

En l'absence de Variac, pour le premier essai, il est recommandé de placer en série avec le primaire une ampoule de 230V-100 W.

A réaliser avec la plus grande prudence et sur un support isolé !

Au contact, l'ampoule s'allume pour s'éteindre immédiatement. Vérifier la « montée » des tensions : HT1 monte à +600 Vdc, HT2 à +480 Vdc et Vpol à -130 Vdc.

En cas de problème sérieux, l'ampoule s'allumera...

Couper l'alimentation et procéder au « déchargement » de la carte : court-circuiter HT3 à la masse et placer une résistance de 1 k Ω pendant quelques secondes sur Vpol et ensuite aux bornes de C17 afin de décharger les condensateurs.

Ne manipuler la carte que lorsque toutes les tensions sont redescendues à 0 V (ou presque).

La carte est « bonne pour le service » et peut être installée dans le châssis.

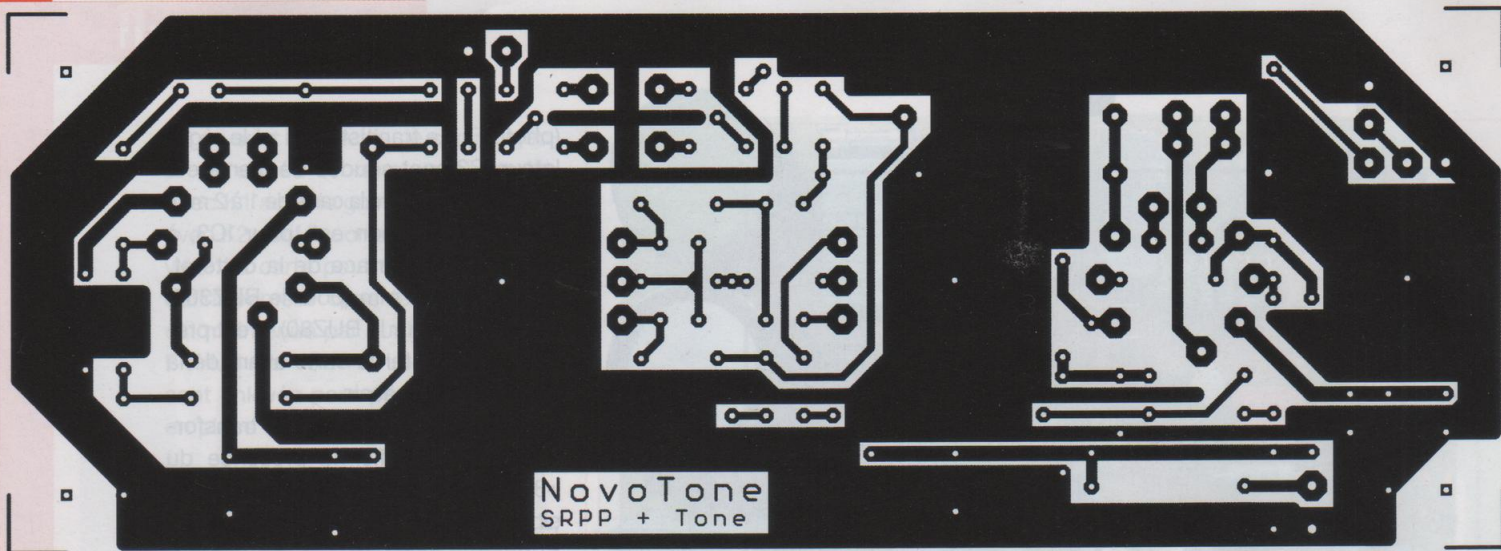
Elle est maintenue par des entretoises F-F/M3 de 15 mm.

Il est recommandé de recommencer le test pour contrôler le bon fonctionnement de la temporisation, de la fonction « SB », des relais et du contrôle de la HT.

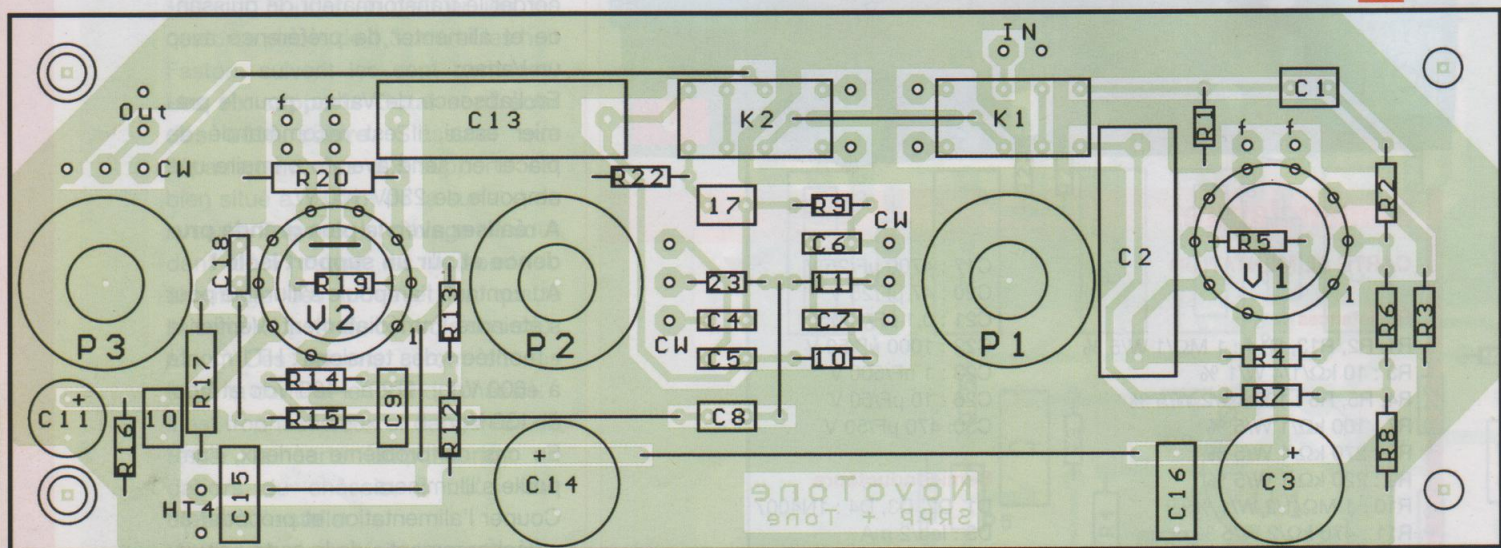
A cet effet, ajuster le potentiomètre P1 pour obtenir +6 Vdc au curseur. La led « HT » doit s'éteindre.

A la mise sous tension, elle clignote quelques secondes. En « stand-by » et en cas d'écart de plus de 20 V du +480 Vdc en positif ou en négatif, elle clignote en continu.

Décharger la carte comme il a été fait précédemment.



10



11

Nomenclature

CARTE PRÉAMPLIFICATRICE

Résistances

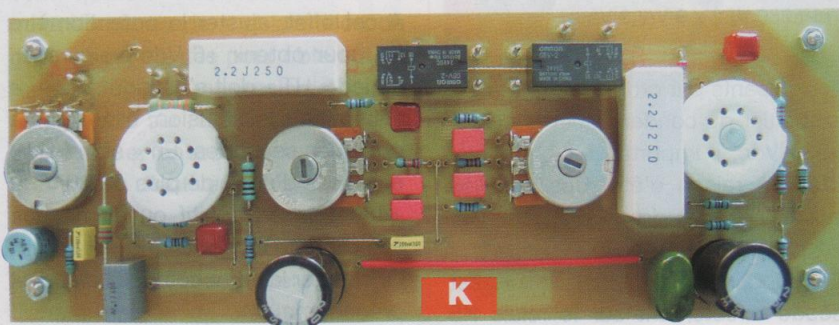
R1 : 130 k Ω /1/4 W/1 %
 R2, R11, R23 : 22 k Ω /1/4 W/1 %
 R3, R4 : 1k Ω /1/4 W/1 %
 R5, R15, R19 : 10 k Ω /1/4 W/1 %
 R6 : 220 k Ω /1/4 W/1 %
 R7, R9, R10, R16, R22 :
 47 k Ω /1/4 W/1 %
 R8 : 15 k Ω /1/4 W/ 1%
 R12 : 120 k Ω /1/4 W/1 %
 R13 : 1 M Ω /1/2 W/1 %
 R14 : 1 M Ω /1/4 W/1 %
 R17 : 220 k Ω /1 W/5 %
 R20 : 33 k Ω /2 W/5 %
 R21 : 100 k Ω /1/4 W/1 %

Condensateurs à sorties « radial »

C1, C17 : 1 μ F/50 V
 C2 : 2,2 μ F/250 V
 C3, C14 : 22 μ F/450 V
 C4, C5 : 1 nF/100 V
 C6, C7 : 10 nF/100 V
 C8, C10 : 0,1 μ F/100 V
 C9 : 1 μ F/100 V
 C11 : 10 μ F/63 V
 C13 : 2,2 μ F/250 V
 C15, C16 : 0,1 μ F/400 V
 C18 : 15 pF/500 V

Divers

K1, K2 : G5V-2/24 V-DPDT
 P1, P2 : 470 k Ω lin
 P3 : 47 k Ω log
 V1 : 6922 et V2 : ECC832

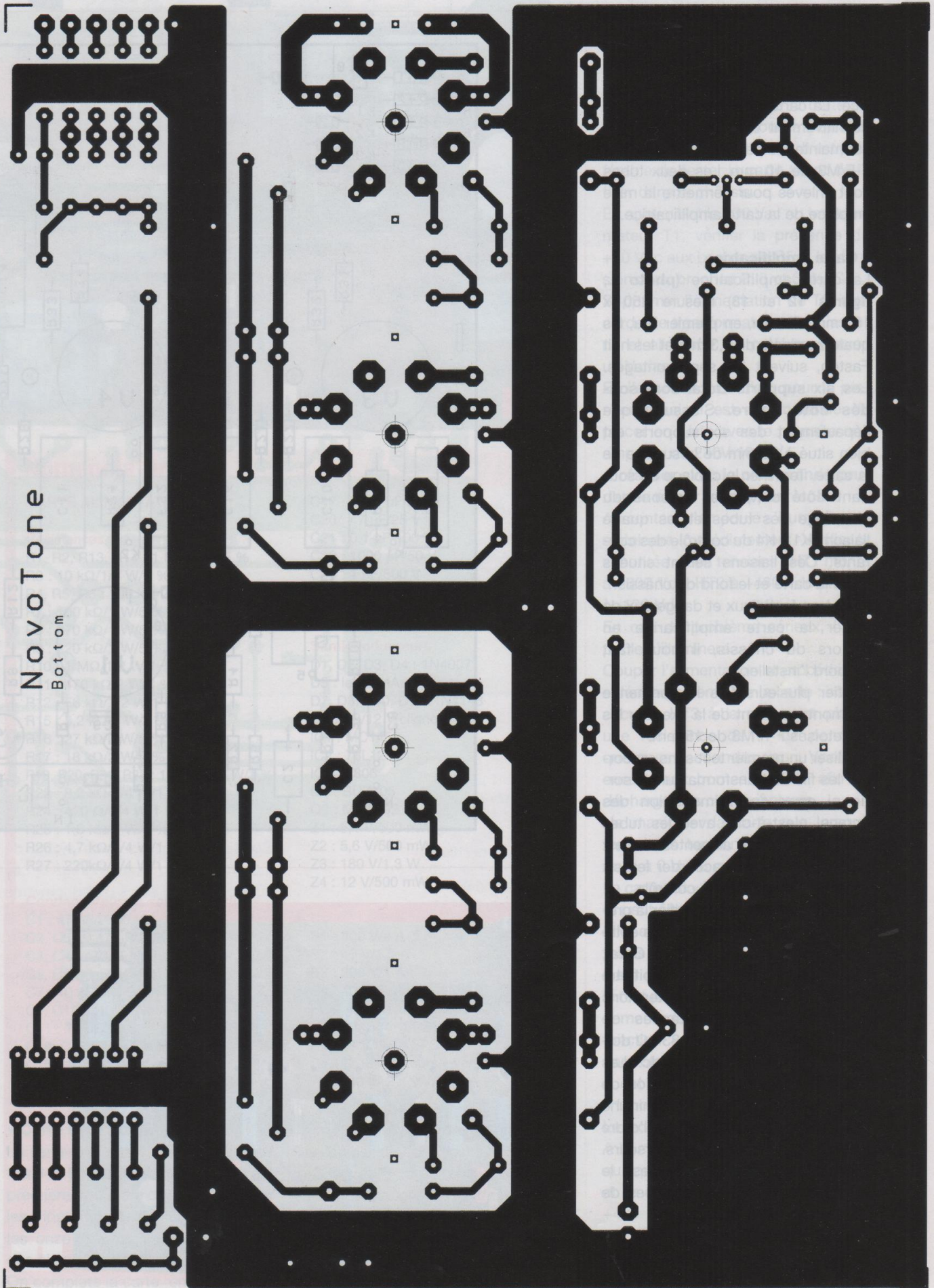


• Carte préamplificatrice

La carte préamplificatrice (photo K, figures 10 et 11) mesure 198 x 71 mm. Si cette carte optionnelle est utilisée, il y a lieu de la traiter avant celle de l'amplificateur.

Souder d'abord les seize picots de 1,3 mm et les huit pontages. Les supports Noval et les potentiomètres sont montés « côté composants ». Les trois potentiomètres sont raccordés au circuit par des connexions courtes. **Les résistances R19 et R5 sont soudées « côté cuivre ».** Les axes des potentiomètres sont coupés à bonne longueur, laquelle dépend du choix des boutons. La carte est testée avant « installation ».

Sur un support isolé, raccorder du 6 V ac ou dc aux filaments et, quand les tubes s'illuminent, connecter HT4 ou une tension de +250 Vdc. HT4 s'active avec les relais K3 et K2 de la carte alimentation. On vérifie les tensions conformément au plan. Sur la carte préamplificatrice, si K1 et



K2 ne sont pas actifs, le signal injecté en entrée se retrouve en sortie. Avec K1 actif, le gain est de 20 dB et avec K2 actif le correcteur est en service. La carte peut être « installée » définitivement dans le châssis, elle est maintenue par quatre entretoises F-F/M3 de 10 mm. Les deux tubes sont enlevés pour permettre la mise en place de la carte amplificatrice.

• Carte amplificatrice

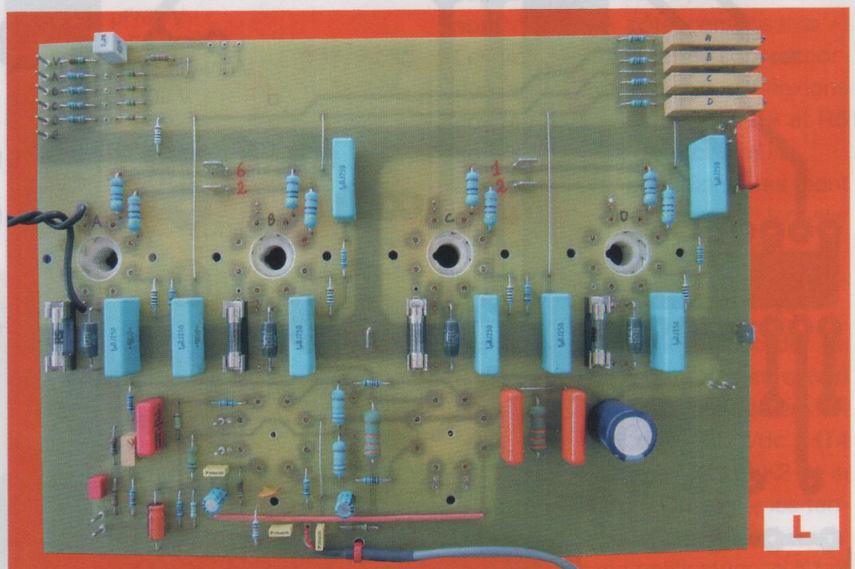
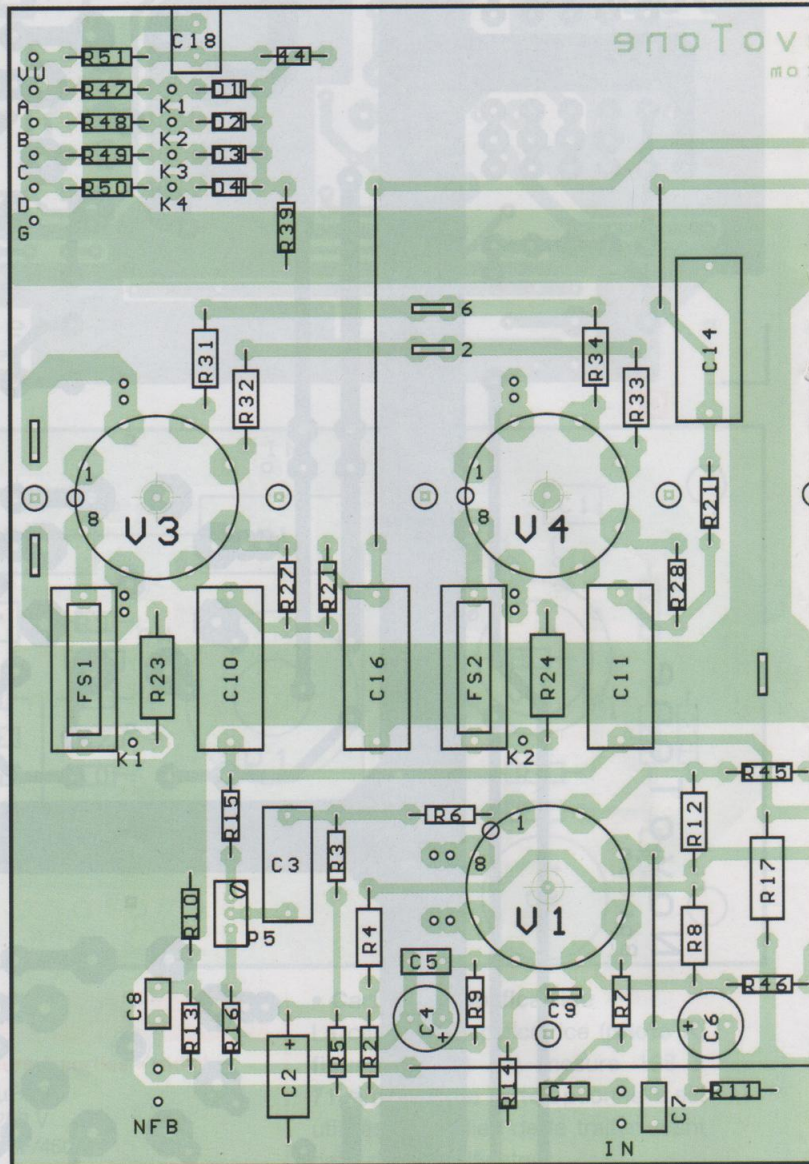
La carte amplificatrice (photo L, figures 12 et 13) mesure 250 x 180 mm. Souder, en premier lieu, les quatorze picots de 1,3 mm et les huit Faston, suivent les sept pontages. **Les six supports Octal sont soudés côté cuivre.** S'assurer que l'épaulement des six supports est bien situé à 15 mm de la surface de la carte. Terminer le câblage en soudant côté cuivre les liaisons du chauffage des tubes et les quatre liaisons K1 à K4 du contrôle des courants. Ces liaisons seront situées entre la carte et le fond du châssis. Il est trop fastidieux et dangereux de tester la carte amplificatrice en dehors du châssis, il nous faut d'abord l'installer.

Vérifier plusieurs fois la pertinence du montage avant de la fixer sur les entretoises F-F/M3 de 15 mm.

Réaliser un premier test sans raccorder les fils du transformateur de sortie ni ceux de l'alimentation des écrans, c'est-à-dire avec les tubes de puissance non alimentés. Il n'est pas nécessaire de raccorder les six fils du commutateur de contrôle.

A la mise sous tension, vérifier la présence du 6,3 Vac des filaments entre les cosses 2 et 7 des supports Octal, la polarisation des filaments doit être de +80 Vdc environ. Les tensions aux bornes des résistances de cathodes R17 et R18 de 33 kΩ doivent s'établir vers +200 Vdc. Les potentiomètres de « polarisation de grille » sont ajustés pour obtenir une tension négative maximale de l'ordre de -80 Vdc sur les quatre curseurs. Si tout se passe bien, c'est le moment « d'activer » les tubes de sortie.

Alimentation coupée et après « chute » des HT, raccorder les fils du transformateur de sortie selon le



Nomenclature

CARTE AMPLIFICATRICE

Résistances

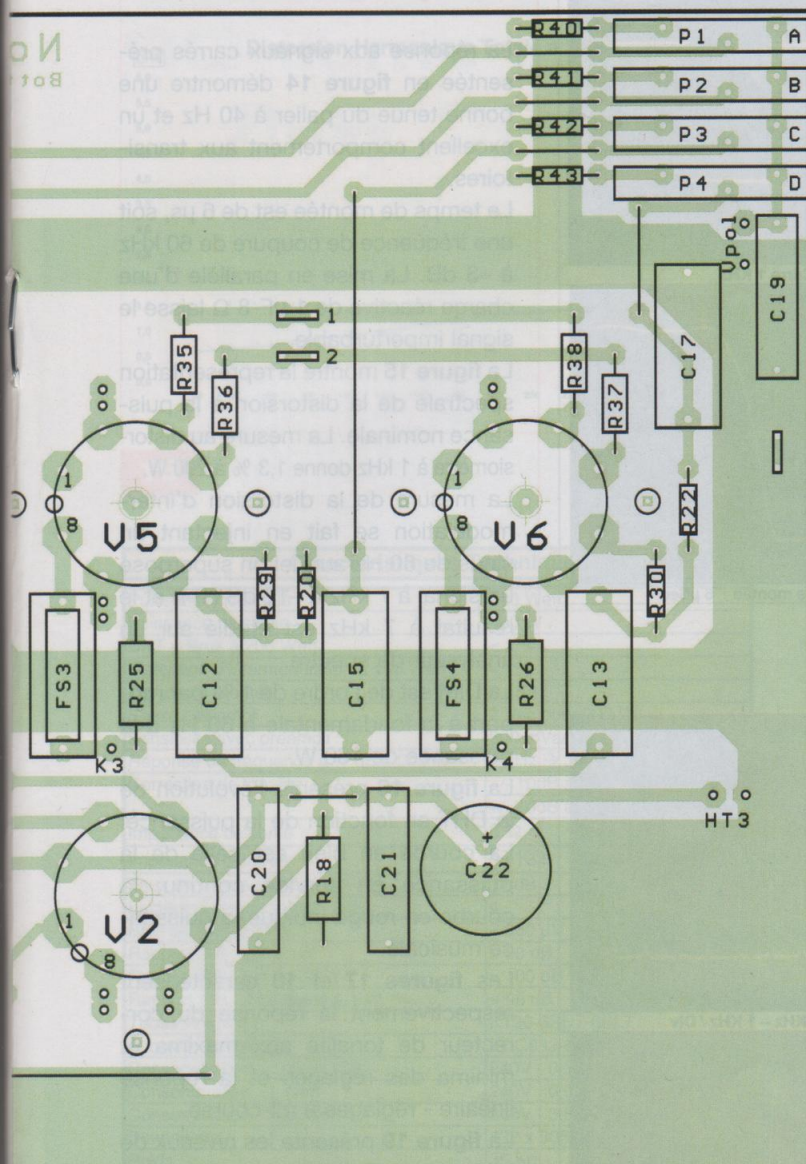
R1 : 100 k Ω /1/4 W/1 % (voir texte)
 R2, R3 : 470 k Ω /1/4 W/1 %
 R4 : 1 M Ω /1 W/5 %
 R5, R16 : 120 k Ω /1/4 W/1 %
 R6, R7, R39, R45, R46 : 10 k Ω /1/4 W/1 %
 R8, R12 : 180 k Ω /1 W/5 %
 R9, R11, R40, R41, R42, R43 :
 47 k Ω /1/4 W/1 %
 R10 : 100 Ω /1/4 W/1 %
 R13 : 1,8 k Ω /1/4 W/1 %
 R14 : 18 k Ω /1/4 W/1 %
 R15, R19, R20, R21, R22 :
 100 k Ω /1/4 W/1 %
 R17, R18 : 33 k Ω /3 W/5 %
 R23, R24, R25, R26 : 10 Ω /3 W/5 %
 R27, R28, R29, R30 : 1 k Ω /1/4 W/1 %
 R31, R34, R35, R38 : 47 Ω /2 W/5 %
 R32, R33, R36, R37 : 470 Ω /2 W/5 %
 R44 : 2,2 k Ω /1/4 W/1 %
 R47, R48, R49, R50 : 330 Ω /1/4 W/1 %
 R51 : 6,8 k Ω /1/4 W/1 %

Condensateurs à sorties « radial »

C1, C5, C7 : 0,1 μ F/100 V
 C2 : 4,7 μ F/100 V (axial)
 C3 : 0,1 μ F/250 V
 C4, C6 : 4,7 μ F/100 V
 C8 : 1,2 nF/100 V
 C9 : 47 pF/100 V
 C10, C11, C12, C13, C14, C15, C16,
 C17 : 1 μ F/250 V
 C18 : 2,2 μ F/50 V
 C19, C20, C21 : 0,47 μ F/400 V
 C22 : 47 μ F/450 V

Divers

D1, D2, D3, D4 : 1N4148
 D5 : 1N4148 (sur yumètre)
 FS1, FS2, FS3, FS4 : 250 mA « lent »
 P1, P2, P3, P4 : 50 k Ω /10 tours (horizontal 32 mm)
 P5 : 100 k Ω /10 tours (vertical)
 V1 : 6SL7
 V2 : 6SN7
 V3, V4, V5, V6 : KT90



13

code couleur, l'alimentation des écrans en HT2, les six fils du monitoring des courants (VU-A-B-C-D-G), la contre-réaction (NFB), sans oublier une charge de 8 Ω de ... 300 W !

À la mise en service, la tension aux anodes monte à +650 Vdc, aux écrans à +480 Vdc et aux G1 à -80 Vdc.

Avec -80 Vdc aux G1, les tubes sont complètement bloqués. Après cinq minutes de chauffage, ajuster les potentiomètres pour obtenir une tension de +250 mVdc aux cathodes. Avec le commutateur pointé sur le tube correspondant, le yumètre doit indiquer 0 dB. Il est alors aisé de régler les trois autres potentiomètres.

Comme mentionné précédemment, ce réglage est influencé par la tension du secteur, il peut varier légèrement. Au yumètre, une variation de +/- 1dB est négligeable.

On injecte un signal de 1 kHz - 1 Vac, vérifier que la tension en sortie fait 13 Vac environ, augmenter le signal jusqu'à 2 Vac, pour obtenir 27 Vac (90 W en sortie) et ajuster le potentiomètre P5 pour obtenir un minimum de distorsion.

En l'absence de distorsiomètre régler P5 à mi-course.

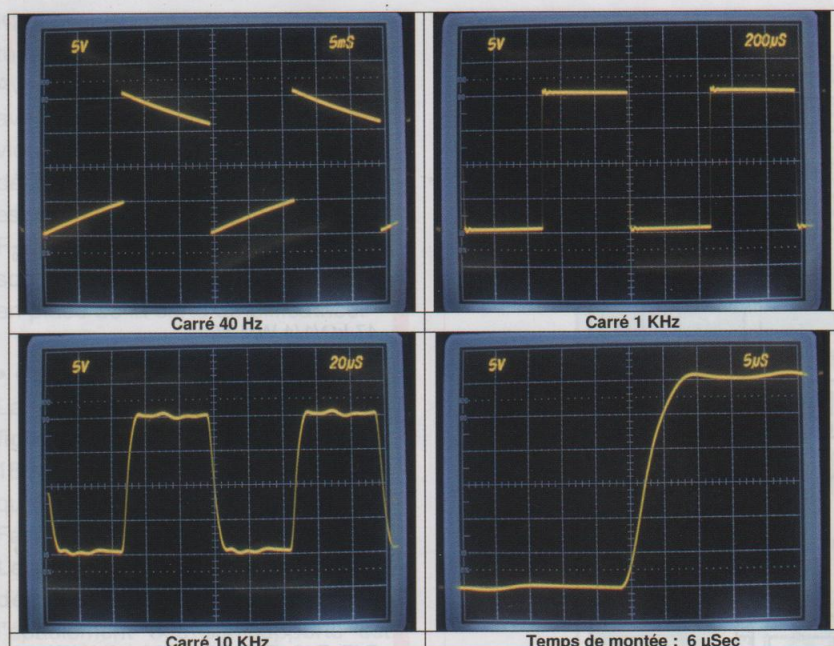
On peut continuer à « monter » en puissance jusqu'à 40 Vac en sortie, soit 200 W. L'écrêtage prend naissance vers 47 Vac (280 W), le push-

pull absorbe les pointes à 280 W, mais il est dangereux pour les tubes de trop s'y attarder. Ceci dit, les KT90 ont résisté à tous les essais, y compris les 300 W et se sont révélés particulièrement robustes.

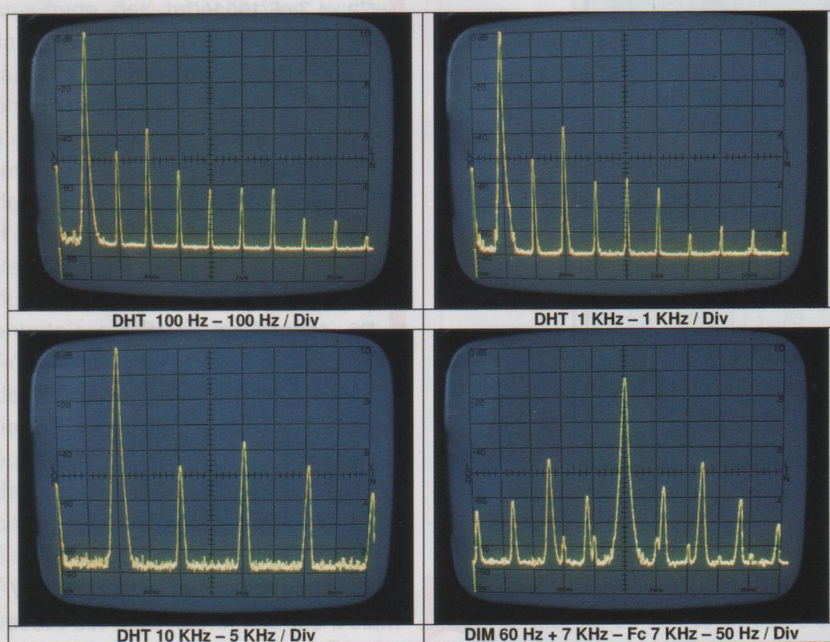
Après ce dernier test, il est temps de finaliser le montage.

• Derniers points

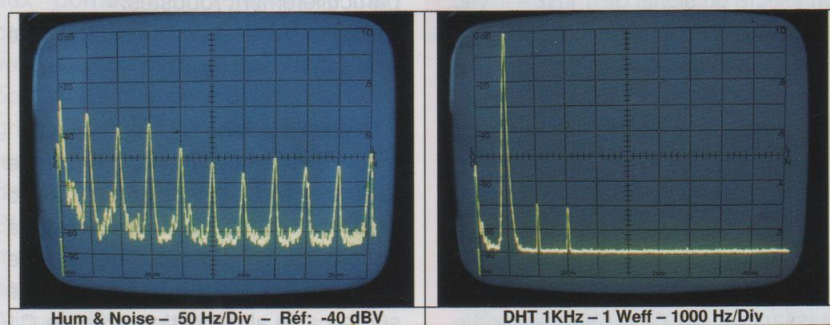
Il est possible d'alimenter l'éclairage du yumètre par la tension de 6,3 Vac présente sur les deux picots fixés à gauche de V1. Le raccordement de la masse est pris sur le Faston situé sur la carte alimentation près de C1 et relié à une vis de fixation de la grille de fond.



14



15



19

Quelques mesures ...

La réponse aux signaux carrés présentée en **figure 14** démontre une bonne tenue du palier à 40 Hz et un excellent comportement aux transitoires.

Le temps de montée est de 6 μ s, soit une fréquence de coupure de 60 kHz à -3 dB. La mise en parallèle d'une charge réactive de 1 μ F-8 Ω laisse le signal imperturbable.

La **figure 15** montre la représentation spectrale de la distorsion à la puissance nominale. La mesure au distorsiomètre à 1 kHz donne 1,3 % à 200 W.

La mesure de la distorsion d'intermodulation se fait en injectant un sinus de 60 Hz auquel on superpose un signal à 7 kHz à -12 dB (1/4) et le résultat à 7 kHz est étudié sur un analyseur de spectre.

La DIM est de l'ordre de 1 % par rapport à la fondamentale à 60 Hz à la puissance de 160 W.

La **figure 16** présente l'évolution de la DHT en fonction de la puissance. La courbe en bleu est celle de la puissance en service continu; la courbe en rouge indique la puissance musicale.

Les **figures 17** et **18** caractérisent respectivement la réponse du correcteur de tonalité aux maxima et minima des réglages et la réponse linéaire - réglages à mi-course.

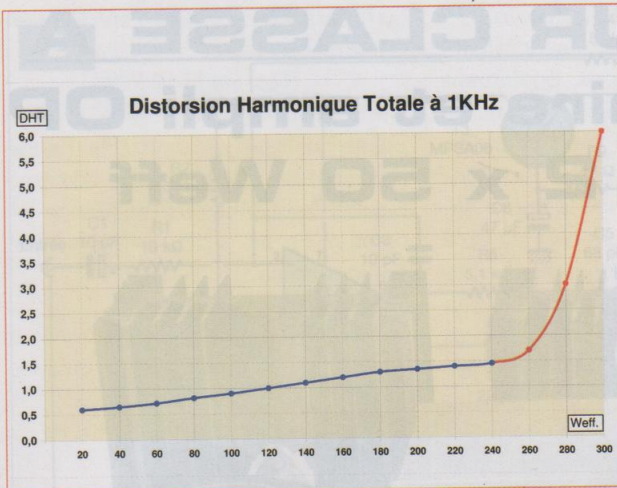
La **figure 19** présente les niveaux de bruit et ronflements en sortie. Le niveau de référence est de -40 dBV, les signaux mesurés sont inférieurs à -70 dBV. Le bruit mesuré en sortie est de 250 μ Vac. Ce qui nous donne un rapport signal/bruit supérieur à 80 dB Lin à 1 W ou 95 dB en A-pondéré.

Enfin, à 1 Weff, notre réalisation affiche une DHT de 0,05 %.

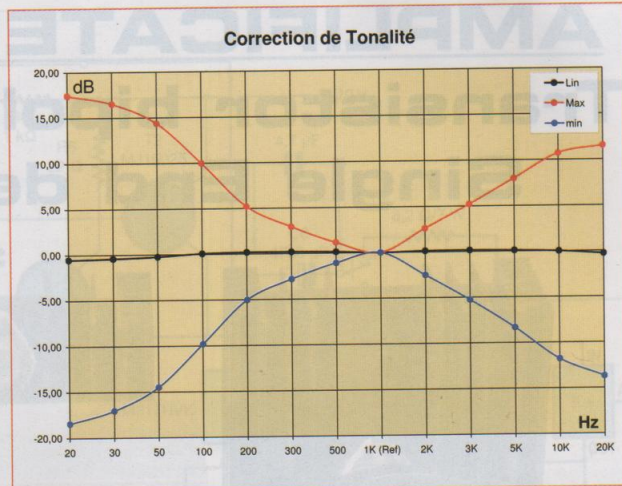
Le résumé des caractéristiques techniques de notre prototype est présenté en **figure 20**.

Conclusion

Le test d'écoute confirme le temps de montée par une excellente définition des transitoires. Le fait d'opter pour un transformateur de sortie de 280 W nous permet de couvrir toute la bande de 20 Hz à 30 kHz à la puis-



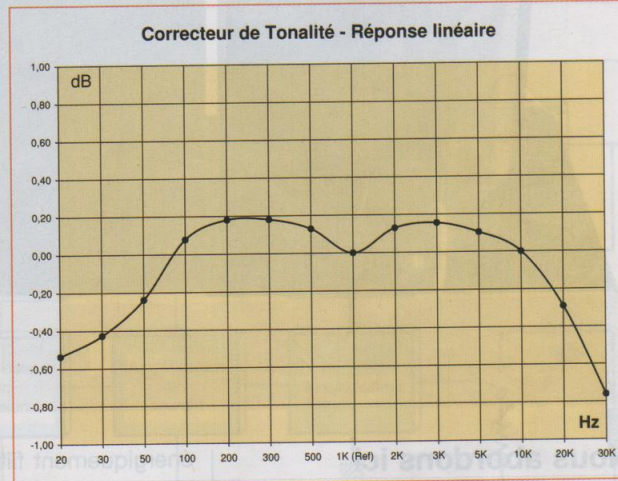
16



17

18

Caractéristiques Techniques	
Puissance nominale	200 Weff
Puissance musicale	280 W
DHT + Bruit à 200 Weff	< 2 %
Distorsion d'intermodulation à 160 Weff	< 1%
Temps de montée	6 µSec
Sensibilité ampli	3 Vac pour 200 W
Sensibilité avec préampli	300 mVac pour 200 W
Réponse en fréquence à -1 dB à 200 W	20 Hz → 30 KHz
Correction de tonalité	+/- 10dB à 100 Hz (+/-1 dB) +/- 10dB à 10 KHz (+/-1 dB)
Impédance de sortie	8 Ω
Impédance d'entrée	47 KΩ
Taux de contre-réaction (NFB)	12 dB
Facteur d'amortissement (DF)	4
Bruit de fond (H&N)	< 300 µV Lin & <50µV A-pond
Rapport S/B - Lin à 1W	> 80 dB
Rapport S/B - Lin à 200 W	> 100 dB
Rapport S/B - A-pondéré à 1 W	> 95 dB
Tubes Ampli: 6	KT90-6SN7-6SL7
Tubes préampli: 2	ECC832-6922
Consommation au repos (SB)	240V - 0,35A - 75VA
Consommation - 1 Weff	240V - 0,9A - 165VA
Consommation - 200 Weff	240V - 3,5A - 650VA
Dimensions	432 x 305 x 230 mm
Poids	35 Kg



20

Nomenclature

AUTRES COMPOSANTS

- T1 : transformateur de sortie Hammond réf. 1650W
- T2 : transformateur d'alimentation ACEA réf. : P567A
- 1 châssis Hammond réf. 1441-36BK3 432 x 305 x 76 mm
- 1 capot Hammond réf.1451-30BK3 432 x 203 x 130 mm
- 1 grille en fer ajouré 432 x 305 mm
- K1 : relais 230 V/30 A - Potter & Brumfield réf.T92P11
- K4 : relais solide - Crydom EZ240D5
- K5 : relais 24 V - Omron G2R-1-T
- R28 : résistance bobinée 22 Ω/50 W
- 1 profilé plat « alu » 295 x 60 x 6 mm
- 1 profilé cornière « alu » 295 x 40 x 20 x 2 mm
- 4 pieds (hauteur : 20 mm)
- 2 supports tube Noval céramique pour CI

- 6 supports tube Octal céramique pour CI
- 14 entretoises 15 mm F-F/M3 (alim+ampli)
- 4 entretoises 10 mm F-F/M3 (préampli)
- 2 porte-fusible 32 mm châssis (FS1-FS2)
- 1 porte-fusible 20 mm CI (FS3)
- S1 : interrupteur DPDT
- S2, S3, S4 : interrupteur SPDT
- 1 commutateur 1 circuit/5 positions
- 1 vumètre-Anders SQ10
- 1 prise RCA (mono pour châssis)
- 1 bornier HP
- 1 prise secteur 230 V/6 A pour châssis
- 2 supports pour leds
- 2 câbles + contact led
- 1 bouton ø 6 mm
- 3 boutons ø 6,4 mm
- 10 cosses Faston pour CI
- 25 souliers Faston
- 50 picots ø 1,3 mm
- 50 cosses ø 1,3 mm

sance nominale. Le résultat se traduit par une restitution détaillée du message musical sur tout le spectre. Les graves sont précis et sans traînage. Au test en réel sur deux enceintes Kef Q50 de 150 W chacune, nous n'avons pas pu dépasser les 100 W faute de volume suffisant. Néanmoins, la puissance et la qualité de la restitution à ce niveau sont déjà stupéfiantes. Dire qu'il monte à 280 W sans même s'essouffler ! Cet amplificateur est présenté dans un habillage relativement compact au vu de la puissance disponible. De plus, ce châssis accepte un capot de protection qui lui confère le look rétro des années 50 (voir sommaire).

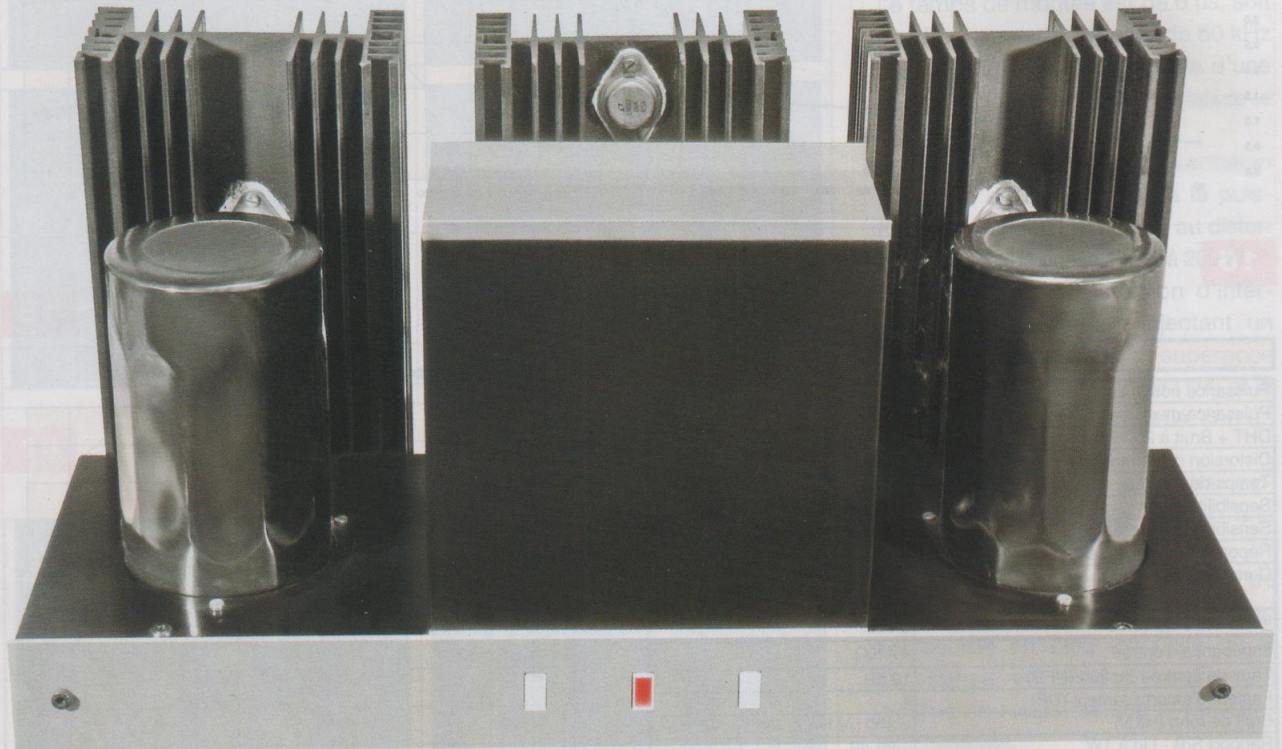
J-L VANDERSLEYEN

Pour les données de fabrication, des cartes imprimées ou quelque problème d'approvisionnement, n'hésitez pas à contacter l'auteur à l'adresse jl.vandersleyen@skynet.be ou via son site www.novotone.be/fr

AMPLIFICATEUR CLASSE A

Transistor bipolaire et ampli OP

Single End de 2 x 50 Weff



Nous abordons ici l'étude et la réalisation d'un amplificateur capable de fournir 2 x 52 Weff sur charges de 8 Ω. Cet appareil fonctionne en pure classe A et en Single end.

Le schéma synoptique de la **figure 1** nous donne toutes les indications concernant les différents étages d'une voie de l'amplificateur. Nous y voyons :

- un amplificateur en tension chargé de traiter le signal de faible amplitude en entrée,
- un filtrage électronique de grande efficacité, chargé d'alimenter cet amplificateur en tension, tout en éliminant bruits et souffle,
- un amplificateur en courant, notre classe A est gourmand de ce côté-là,
- une alimentation +70 V musclée et

énergiquement filtrée (22 000 μF par canal),

- un temporisateur chargé de faire patienter les enceintes à la mise sous tension, le temps que l'amplificateur établisse ses potentiels de fonctionnement (charge des condensateurs de liaisons amplis/HP notamment). Mieux vaut un petit « clic » de relais qu'un grand « clac » de membrane.

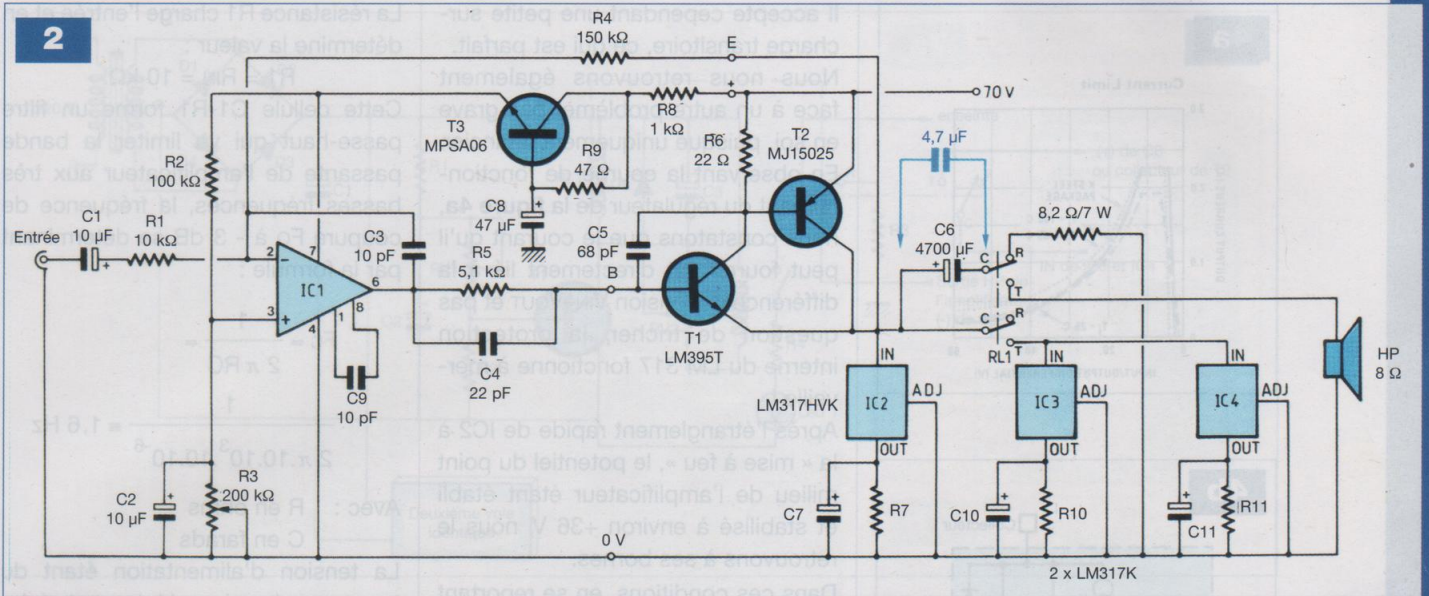
L'étage amplificateur

Le schéma de principe de la **figure 2** dévoile l'évolution de notre électronique. Laquelle subit, sur le schéma théorique, des modifications importantes par rapport à l'étude publiée dans notre hors-série n°1, mais beaucoup moins toutefois que la partie mécanique, surtout au niveau de la dissipation thermique, comme nous le constaterons plus loin.

Cette figure 2 fait apparaître un régulateur LM317 en moins, ainsi qu'une commutation par relais au niveau des entrées (IN) de IC3 et IC4.

Les points forts de cette étude se trouvent dans :

- l'utilisation d'un **transistor bipolaire** en puissance qui remplace le MOSFET. Réputé pour être le meilleur transistor de puissance en audio, le MJ15025 de Motorola est utilisé par bon nombre de fabricants de grandes marques. Un gage de sécurité.
- Un fonctionnement en **mono-tension** et non plus en symétrique. Bien que nécessitant l'utilisation d'un condensateur de liaison ampli/HP, on constate à l'écoute d'un CD (ou d'un vinyle) que, sans faire de gros efforts de concentration, le « grave » est beaucoup plus ferme, sans effet « caoutchouc », avec cette configuration ne demandant qu'une seule tension d'alimentation positive.
- L'emploi d'un seul régulateur LM317 HVK par canal, ce qui réduit les dépenses
- Une contre-réaction totale, sortie HP/entrée ampli OP et non plus locale uniquement sur le préamplificateur d'entrée.



Si, électroniquement et sur le papier, tout semble simple, mécaniquement c'est moins évident. La classe A, la vraie, la pure, ça chauffe un maxi ! L'amplificateur en classe A n'est pas le roi du rendement, c'est bien connu, il est le roi de l'émotion musicale et pour nous, audiophiles, c'est l'essentiel.

Pourquoi cette double commutation avec le relais RL1 ?

Pour la partie supérieure, on connaît déjà. C'est la temporisation de démarrage de l'amplificateur.

À la mise sous tension, elle évite les « clacs » des haut-parleurs.

Au basculement de l'interrupteur M/A, le condensateur C6 étant vidé, déchargé, il se comporte comme un court-circuit et, bien évidemment,

oublie de bloquer le courant continu pendant un bref instant. Ce « bref instant » est cependant suffisant pour que cette composante continue aille

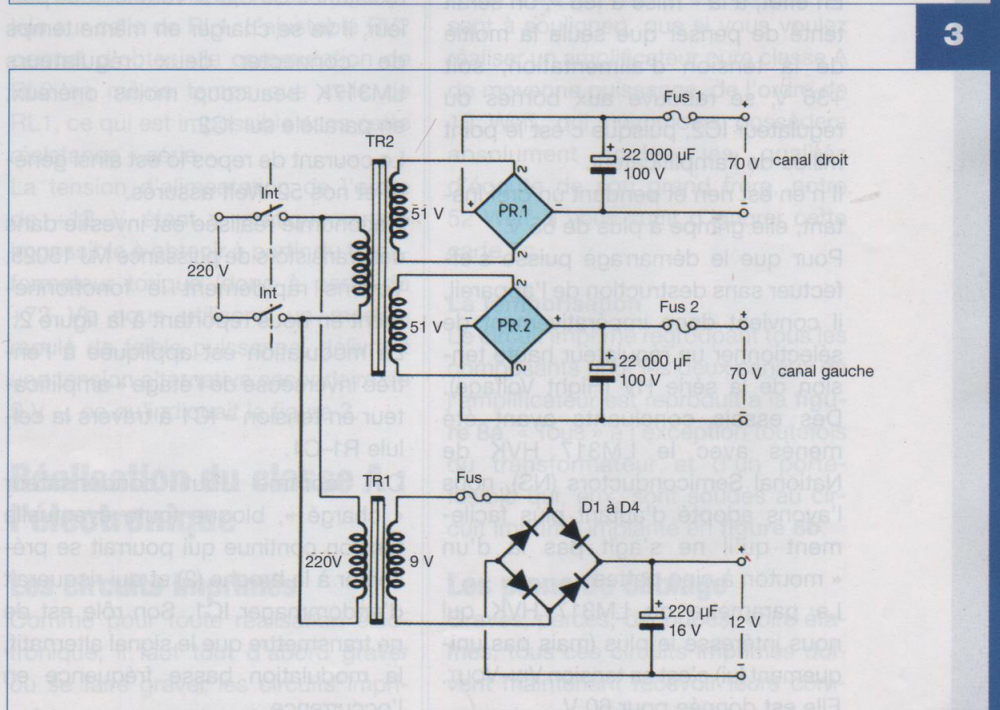
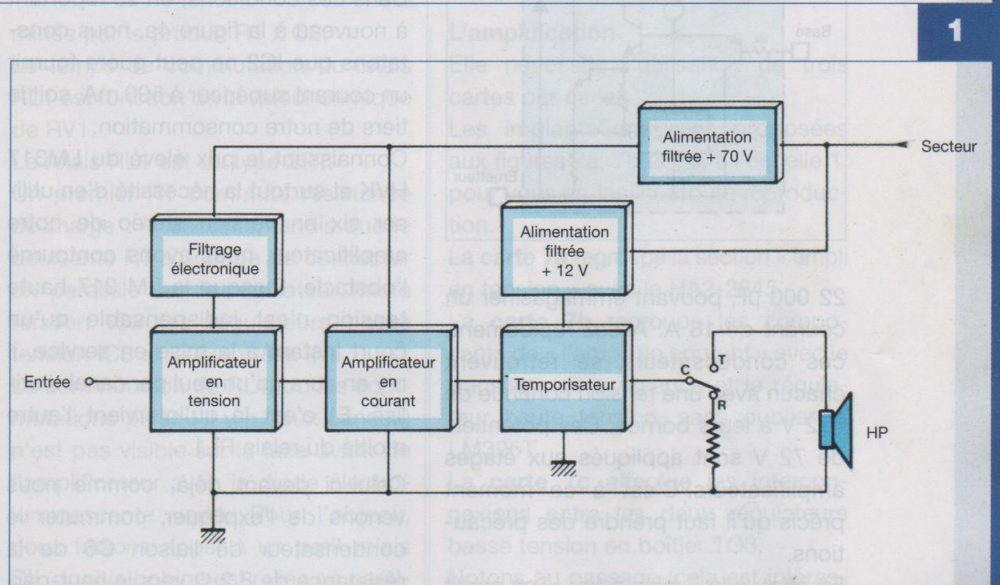
« chatouiller » les bobines mobiles des haut-parleurs, ce qui fait sursauter les membranes de frayer.

Une résistance de 8,2 Ω, silencieuse, elle, permet d'obtenir les mêmes résultats. On attend trente secondes environ que C6 soit « regonflé » et « clic », le relais bascule de (R) en (T),

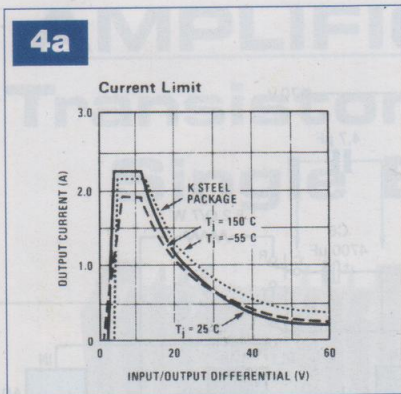
sans aucune protestation de l'enceinte. Revenons à la mise sous tension.

À cette mise sous tension, le transformateur délivre ses tensions alternatives secondaires de 51 V - (figure 3).

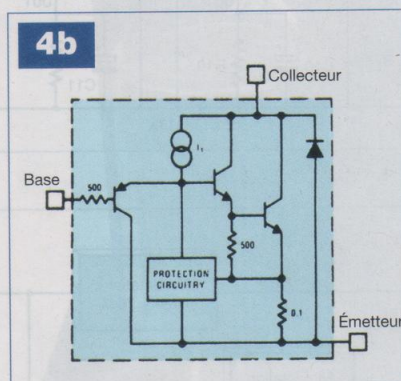
Celles-ci sont redressées puis filtrées par deux énormes réservoirs de



4a



4b



22 000 μF , pouvant emmagasiner un courant de 18 A. Assez rapidement, ces condensateurs se retrouvent chacun avec une tension continue de +72 V à leurs bornes. Ces potentiels de 72 V sont appliqués aux étages amplificateurs. C'est à ce moment précis qu'il faut prendre des précautions.

En effet, à la « mise à feu », on serait tenté de penser que seule la moitié de la tension d'alimentation, soit +36 V, se retrouve aux bornes du régulateur IC2, puisque c'est le point milieu de l'amplificateur.

Il n'en est rien et pendant un bref instant, elle grimpe à plus de 65 V.

Pour que le démarrage puisse s'effectuer sans destruction de l'appareil, il convient donc impérativement de sélectionner un régulateur haute tension de la série HV (Hight Voltage). Des essais concluants ayant été menés avec le LM317 HVK de National Semiconductors (NS), nous l'avons adopté d'autant plus facilement qu'il ne s'agit pas là d'un « mouton à cinq pattes ».

Le paramètre du LM317 HVK qui nous intéresse le plus (mais pas uniquement lui) c'est sa tension $V_{IN}-V_{OUT}$. Elle est donnée pour 60 V.

Il accepte cependant une petite surcharge transitoire, ce qui est parfait. Nous nous retrouvons également face à un autre problème, pas grave en soi, puisque uniquement financier. En observant la courbe de fonctionnement du régulateur de la **figure 4a**, nous constatons que le courant qu'il peut fournir est directement lié à la différence de tension $V_{IN}-V_{OUT}$ et pas question de tricher, la protection interne du LM 317 fonctionne à merveille !

Après l'étranglement rapide de IC2 à la « mise à feu », le potentiel du point milieu de l'amplificateur étant établi et stabilisé à environ +36 V, nous le retrouvons à ses bornes.

Dans ces conditions, en se reportant à nouveau à la figure 4a, nous constatons que IC2 ne peut guère fournir un courant supérieur à 500 mA, soit le tiers de notre consommation.

Connaissant le prix élevé du LM317 HVK et surtout la nécessité d'en utiliser six en version stéréo de notre amplificateur, nous avons contourné l'obstacle. Puisque le LM 317 haute tension n'est indispensable qu'un court instant à la mise en service, il n'y en aura qu'un seul par canal d'utilisé. Et c'est là qu'intervient l'autre moitié du relais RL1.

Celui-ci devant déjà, comme nous venons de l'expliquer, commuter le condensateur de liaison C6 de la résistance de 8,2 Ω vers le haut-parleur, il va se charger en même temps de connecter deux régulateurs LM317K beaucoup moins onéreux, en parallèle sur IC2.

Le courant de repos I_0 est ainsi généré et nos 52 Weff assurés.

L'économie réalisée est investie dans des transistors de puissance MJ 15025. Voyons rapidement le fonctionnement en nous reportant à la figure 2. La modulation est appliquée à l'entrée inverseuse de l'étage « amplificateur en tension » IC1 à travers la cellule R1-C1.

C1, comme tout condensateur « chargé », bloque toute éventuelle tension continue qui pourrait se présenter à la broche (2) et qui risquerait d'endommager IC1. Son rôle est de ne transmettre que le signal alternatif, la modulation basse fréquence en l'occurrence.

La résistance R1 charge l'entrée et en détermine la valeur :

$$R1 = R_{IN} = 10 \text{ k}\Omega$$

Cette cellule C1-R1 forme un filtre passe-haut qui va limiter la bande passante de l'amplificateur aux très basses fréquences, la fréquence de coupure F_c à -3 dB se déterminant par la formule :

$$F_c = \frac{1}{2 \pi RC} = \frac{1}{2 \pi \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} = 1,6 \text{ Hz}$$

Avec : R en ohms
C en farads

La tension d'alimentation étant du type mono/tension +U, le pont résistif R2-R3 polarise l'entrée non inverseuse, broche (3) de IC1, de telle façon que sa sortie, broche (6), soit au potentiel +U/2.

Le condensateur C2 sert de découplage et élimine « bruit » et « souffle ». IC1 est un ampli OP haute tension HA2-2645, encapsulé dans un boîtier métallique et capable de supporter +68 V sans défaillir, entre ses broches (7) et (4).

Les petits condensateurs C3 et C9 servent de « compensation en fréquence » et stabilisent le fonctionnement de IC1. Sans leur présence, ce serait l'entrée en oscillation immédiate assurée.

L'alimentation de IC1 est assurée au travers d'une cellule de filtrage active (filtrage électronique) très efficace puisque pouvant être comparée ici à un condensateur de 9 400 μF .

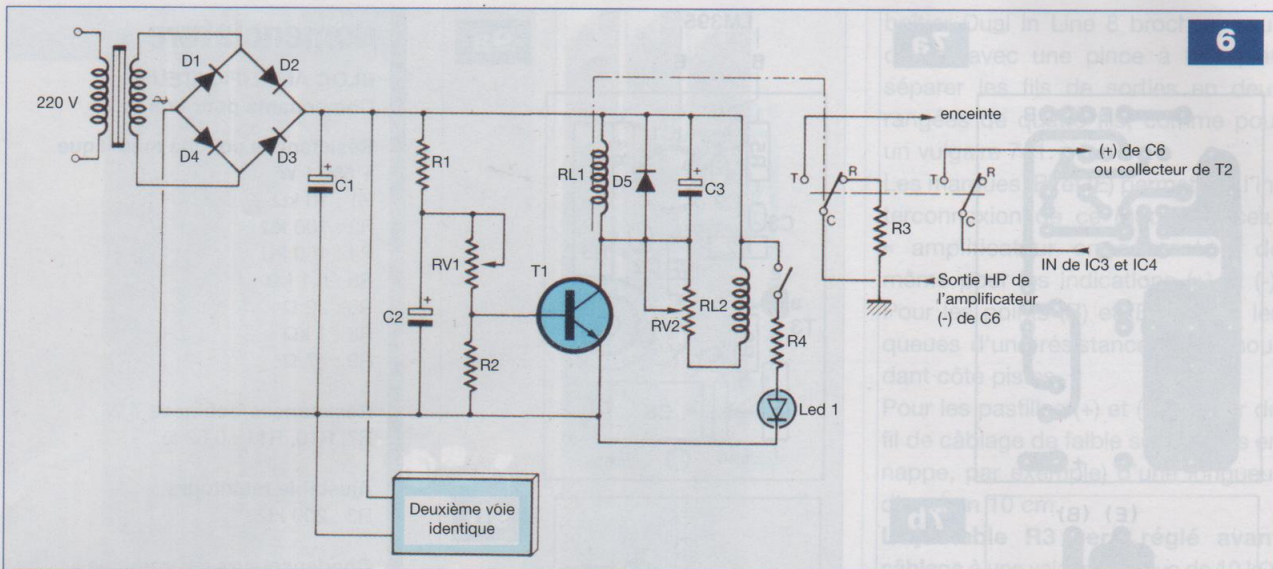
En effet, ce condensateur « fantôme » de forte capacité, dont la valeur nominale est égale au produit de C8 par le β du transistor T3, équivaut bien (pour un β de 200 d'un MP5A 06 à $47 \times 200 = 9400$).

La résistance R8 limite la tension d'alimentation de IC1 à +68 V.

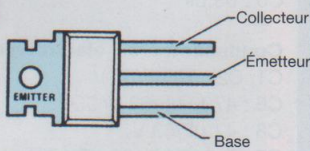
La résistance R9 polarise la base du transistor T3.

Le réseau parallèle R5-C4 applique la modulation amplifiée par IC1 à la base du transistor driver T1.

R5 sert de limitation en courant à T1, un LM395T, le « T » indiquant qu'il s'agit de la version en boîtier plastique TO220 (il existe également en 395K, 395H, 395P).



5



Le brochage de ce transistor (émetteur au centre et relié au boîtier, voir **figure 5**) permet de le visser directement au collecteur du MJ15025. Ce contact direct est fort intéressant et nous l'avons voulu ainsi car le LM395 dispose d'une protection thermique. En cas de surchauffe du transistor de puissance T2, celui-ci élève inévitablement la température du driver. Lequel, son seuil d'insécurité atteint, se coupe, mettant l'amplificateur en veille, sans qu'il ne subisse de dommage, le temps du refroidissement. T1 et T2 forment un faux Darlington, T1 étant un NPN et T2 un PNP. Qui dit Darlington, pense gain en courant (β) élevé, celui-ci étant égal, rappelons-le, au produit du β de chacun des transistors. De la sorte, le courant de commande appliqué à la base de T1 est faible et compatible avec ce que peut offrir la sortie de IC1.

La temporisation

Le schéma de principe est celui de la **figure 6**.

Au niveau du fonctionnement, c'est le blocage et le déblocage de T1 assurés par la charge du condensateur C2 avec une constante de temps déter-

minée par le produit $R1 \times C2$.

Le temps de commutation du relais RL1 est fonction de la valeur ohmique de RV1.

Le relais RL1 est du type 2RT.

Un premier RT commute résistance de charge \rightarrow enceinte, tandis que le deuxième RT s'occupe de connecter en parallèle sur le régulateur haute tension IC2 les régulateurs basse tension IC3 et IC4 (entrées IN).

La commutation de RL1 (ou les commutations puisqu'il y a deux canaux) n'est pas visible sur la face avant de l'amplificateur avec la diode électroluminescente verte. Pour l'obtenir, nous faisons appel à un petit relais DIL dont la bobine est reliée en parallèle sur celle de RL1. L'ajustable RV2 permet d'obtenir la commutation de RL2 en même temps que celle de RL1, ce qui est impossible sans cette résistance « série ».

La tension d'alimentation de l'ordre de +12 V étant « pratiquement » impossible à obtenir à partir du transformateur torique (donc à partir du +72 V), nous utilisons un modèle moulé de faible puissance, délivrant une tension alternative secondaire de 9 V ~, ce qu'indiquait la **figure 3**.

Réalisation du classe A : l'électronique

Les circuits imprimés

Comme pour toute réalisation électronique, il faut tout d'abord graver ou se faire graver les circuits imprimés.

L'amplification

Elle nécessite l'utilisation de trois cartes par canal.

Les implantations sont proposées aux **figures 7a, 7b et 7c**, à l'échelle 1, pour vous en faciliter toute reproduction.

La **carte 7a** regroupe la section « ampli en tension » avec le HA2-2645.

La **carte 7b** regroupe les composants de « l'ampli en courant » avec le transistor de puissance et le régulateur haute tension, sans oublier le LM395T.

La **carte 7c** effectue les interconnexions entre les deux régulateurs basse tension en boîtier TO3.

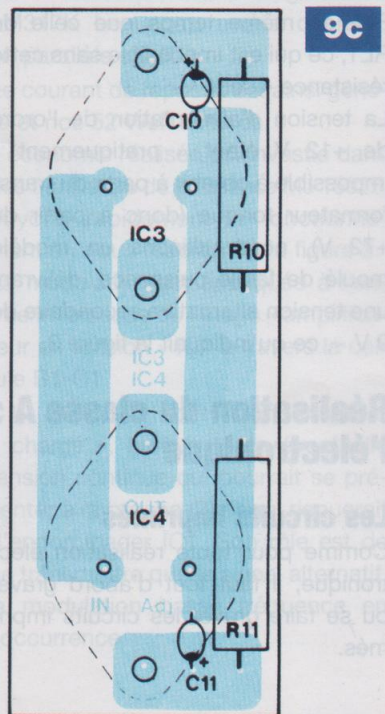
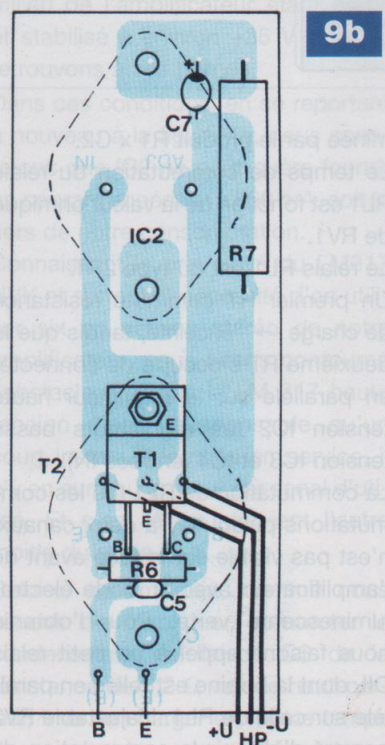
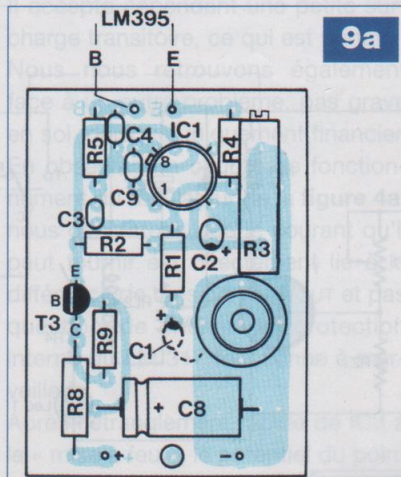
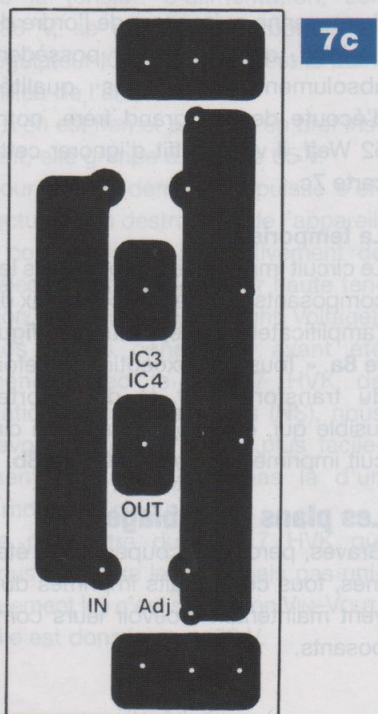
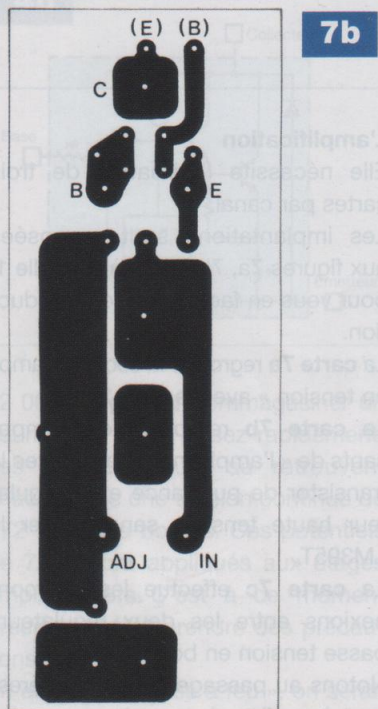
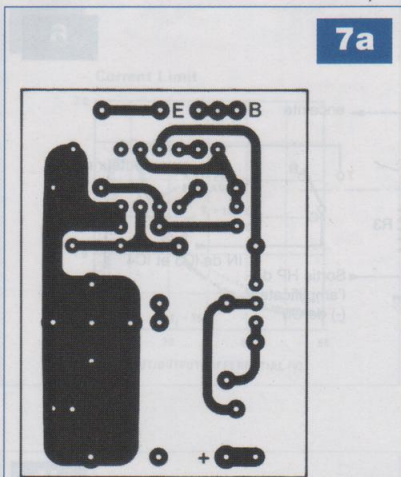
Notons au passage (cela est intéressant à souligner), que si vous voulez réaliser un amplificateur pure classe A de moyenne puissance, de l'ordre de 10 Weff, qui néanmoins possèdera absolument toutes les qualités d'écoute de son grand frère, notre 52 Weff, il vous suffit d'ignorer cette **carte 7c**.

La temporisation

Le circuit imprimé regroupant tous les composants pour les deux canaux de l'amplificateur est reproduit à la **figure 8a**. « Tous » à l'exception toutefois du transformateur et d'un porte-fusible qui, eux, sont soudés au circuit imprimé implanté en **figure 8b**.

Les plans de câblage

Gravés, percés, découpés, voire étamés, tous ces circuits imprimés doivent maintenant recevoir leurs composants.



Nomenclature

BLOC AMPLIFICATEUR Composants pour une voie

Résistances couche métallique

± 5% 1 W

R1 : 10 kΩ

R2 : 100 kΩ

R4 : 150 kΩ

R5 : 5,1 kΩ

R6 : 22 Ω

R8 : 1 kΩ

R9 : 47 Ω

Résistances bobinées 7 W

R7, R10, R11 : 0,82 Ω

Ajustable multitours

R3 : 200 kΩ

Condensateurs « céramique »

C3, C9 : 10 pF

C4 : 22 pF

C5 : 68 pF

Condensateurs « électrochimiques »

C1, C2 : 10 μF/35 V

C6 : 4700 μF/63 V/CO38

C8 : 47 μF/63 V

C7, C10, C11 : 33 μF/10 V

Semiconducteurs

IC1 : HA2-2645 ou OPA445AP

(Saint-Quentin Radio) ou LM344H

(Electronique Diffusion)

IC2 : LM 317 HVK

IC3, IC4 : LM 317 K (ou LM 338 ou

LM 350)

T1 : LM 395T (Saint-Quentin Radio)

T2 : MJ 15025

T3 : MPSA06

Divers

Prise Cinch vissable ou soudable (voir texte)

Dissipateur oxydé réf. CO1161P, longueur 200 mm (Saint-Quentin Radio) (+1/2 pour deux régulateurs)

4 x mica isolant pour boîtier TO3

8 x canon isolant pour visserie de 3 mm

2 x cosse à souder ø 4,2 mm (pour C6)

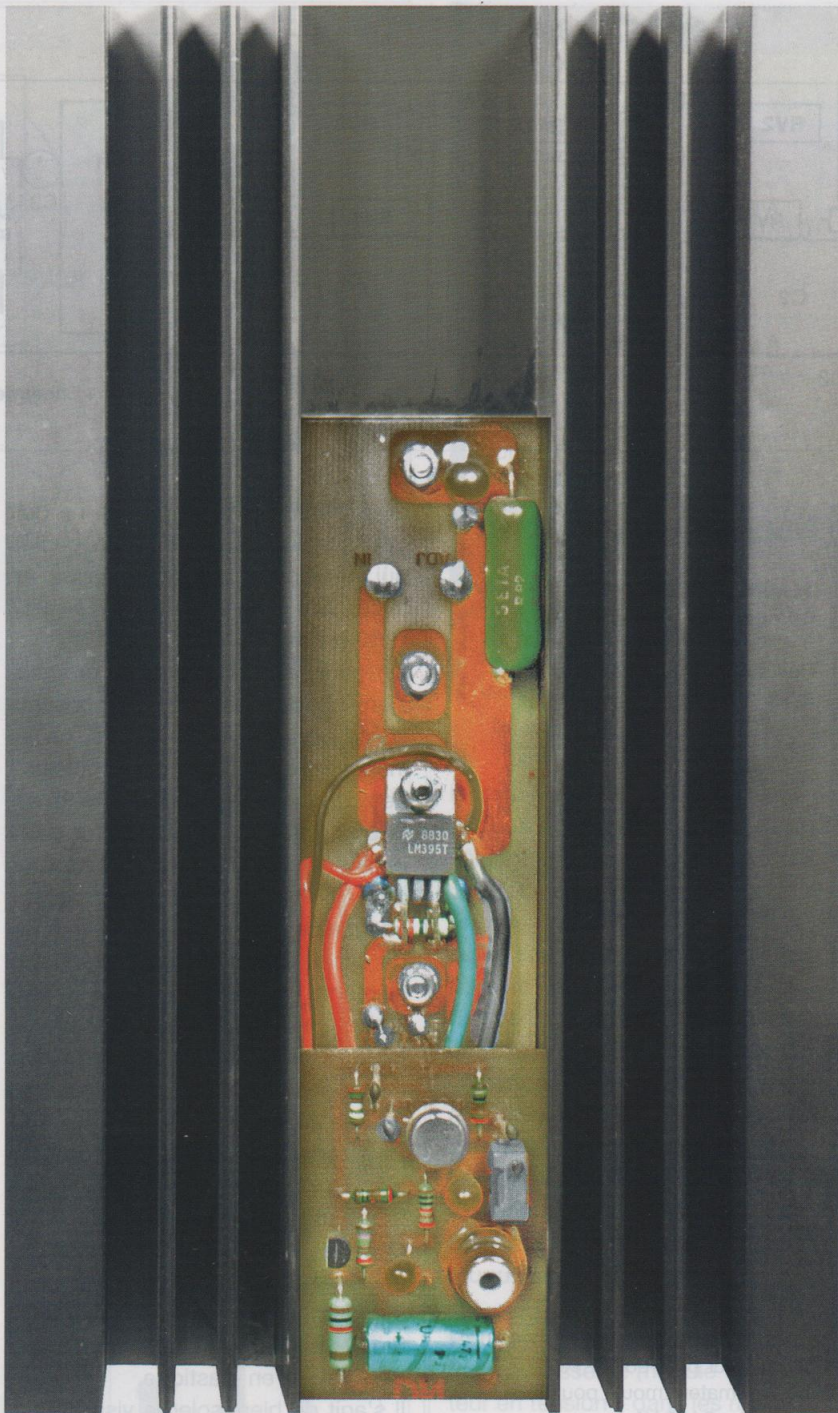
• Amplificateur en tension

Son plan de câblage fait l'objet de la figure 9a. Tous les composants sont repérés pour plus de clarté par leur symbole électrique R-C-T...

Pour s'y retrouver, il faut consulter la nomenclature qui donne pour R1, par exemple, sa valeur nominale, sa tolérance et sa puissance.

Attention à l'orientation des composants polarisés. Souder C1 à l'envers par exemple, c'est s'exposer à une panne très vicieuse de l'amplificateur lors de la première mise sous tension.

Si celui-ci peut pourtant être réglé



A

normalement (courant de repos correct, tension de polarisation au point milieu réglé à $+U/2$), injecter de la modulation aux prises Cinch ne peut que le laisser sans « voix ».

Précisons que ce condensateur C1 est soudé côté pistes cuivrées et qu'il relie le point chaud de la prise à la résistance R1.

La prise Cinch peut être de deux modèles différents : soit soudable, soit vissable.

La surface cuivrée du circuit imprimé

en cet endroit (cinq pastilles) doit être percée en fonction du modèle de prise adopté. La prise vissable ne nécessite que le perçage de la pastille centrale à un diamètre de $\varnothing 6,5$ mm pour du standard, ou de $\varnothing 8,5$ mm pour du professionnel plaqué or (Monacor, par exemple).

L'ergot du circuit intégré IC1 est bien orienté vers la patte (8), faire très attention à ce niveau. Le boîtier étant rond et métallique, avec l'implantation du circuit imprimé pastillée en

boîtier Dual in Line 8 broches, vous devez, avec une pince à bec plat, séparer les fils de sorties en deux rangées de quatre fils, comme pour un vulgaire 741.

Les marques (B) et (E) permettent l'interconnexion de ce module à celui « amplificateur en courant », de même pour les indications (+) et (-). Pour les points (B) et (E), utiliser les queues d'une résistance en les soudant côté pistes.

Pour les pastilles (+) et (-), souder du fil de câblage de faible section (fils en nappe, par exemple) d'une longueur d'environ 10 cm.

L'ajustable R3 sera réglé avant câblage à une valeur ohmique de 10 k Ω . C'est à peu près tout ce qu'il y a à dire concernant ce premier module qui sera, pour terminer, débarrassé de la résine de la soudure au trichloréthylène.

Après une dernière vérification - composants bien implantés, absence de court-circuit entre pastilles ou bandes - pulvériser une couche de vernis protecteur anti-oxydation.

• Amplificateur en courant

Passons maintenant au plan de câblage de la **figure 9b**.

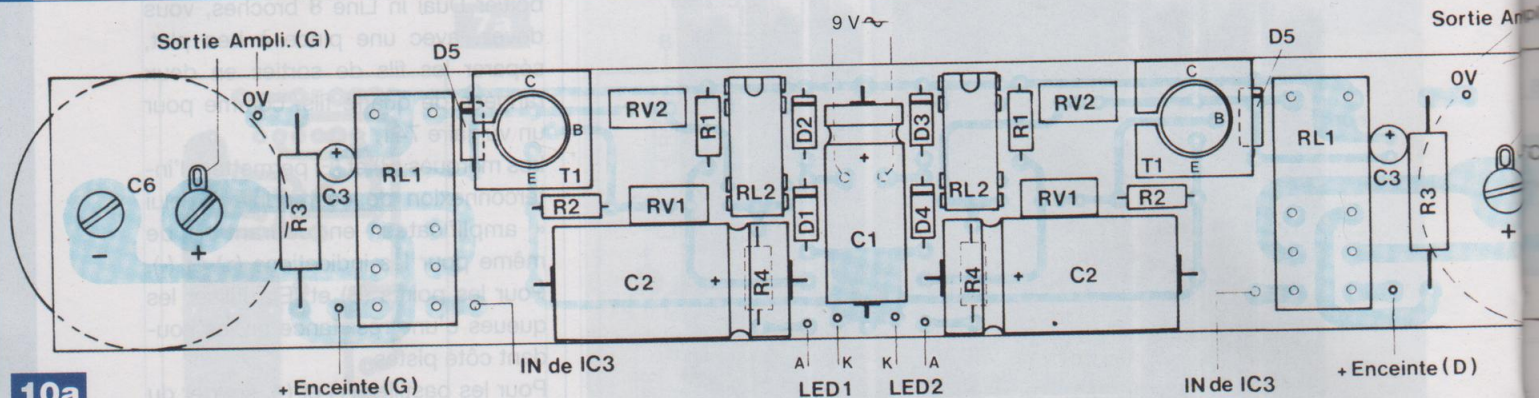
Le circuit imprimé (figure 7b) reçoit peu de composants et se fixe par vissage aux boîtiers TO3 du MJ 15025 et du régulateur LM 317 HVK.

Cependant, avant toute chose, il doit servir de gabarit de perçages au dissipateur.

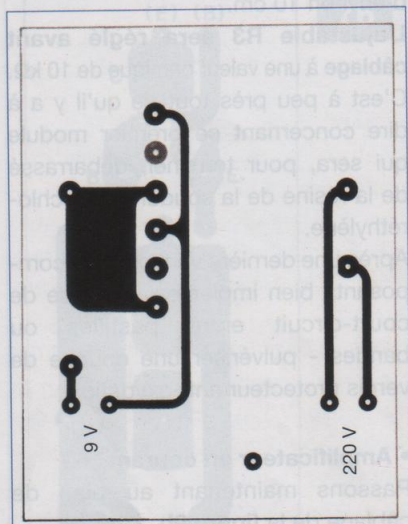
Précisons également et cela a toute son importance, avant de percer l'aluminium, que **le circuit imprimé 7b se visse face cuivrée vers l'extérieur**.

Sa position : plaqué au fond du dissipateur et par rapport au bas de celui-ci en prévoyant une hauteur de 45 mm. Cette valeur positionne le boîtier du transistor de puissance au tiers de la longueur totale de la barre de refroidissement qui mesure 200 mm. C'est l'emplacement le plus favorable pour une dissipation optimale de la chaleur dégagée par le MJ 15025.

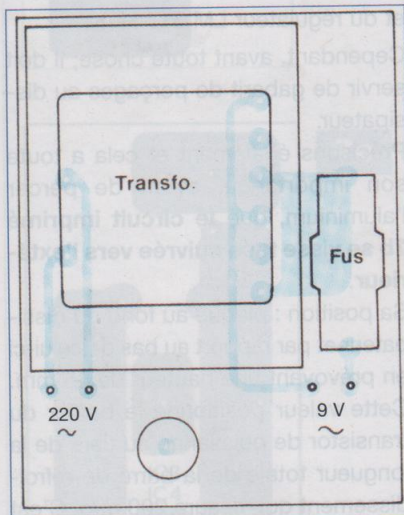
Scotcher le circuit 7b au fond du dissipateur à la hauteur de 45 mm, en ayant pris soin d'orienter correctement la barre d'aluminium, c'est-à-dire **les rainures** de fixation au châs-



10a



8b



10b

sis, du côté opposé au circuit imprimé (voir photo A).

Précisons, pour éviter toute erreur irrécupérable après forages, que **c'est le transistor T2/MJ 15025 qui se trouve en bas du dissipateur**, les inscriptions sur le circuit imprimé

Nomenclature

TEMPORISATEUR Composants pour une voie

Résistances couche métallique

± 5% 1 W
R1 : 10 kΩ
R2 : 270 kΩ
R4 : 470 kΩ

Résistance bobinée 7 W

R3 : 8,2 Ω

Ajustables multitours

RV1 : 50 kΩ
RV2 : 1 kΩ

Condensateurs chimiques

C1 : 220 μF/40 V (pour les deux voies)
C2 : 2 200 μF/16 V
C3 : 10 μF/25 V

Semiconducteurs

D1 à D4 : 1N4001 (pour les deux voies)
D5 : 1N4001
T1 : BC 141 ou équivalent en TO5

Divers

RL1 : relais 12 V/5 A, 2 RT
RL2 : relais DIL 12 V, 1 RT
Dissipateur pour boîtier TO5
Transformateur moulé pour C.I.
220 V/2 x 9 V/5 VA
Porte-fusible pour C.I.
Fusible 250 mA
1 diode led rouge
2 x diode led verte

sont donc bien à l'envers. Avec les forets adéquats, repérer avec précision les huit trous nécessaires aux boîtiers TO3. Après avoir descotché le circuit, forer tous les trous à un diamètre de ø 3,5 mm. Les ébavurer ensuite, avec un foret

de ø 6 mm par exemple. On ne doit pas, au toucher, sentir des aspérités qui détruiraient les intercalaires en mica, lors du vissage des LM 317 HVK et des MJ 15025.

On peut, à ce stade de la progression, souder les rares composants sur le circuit imprimé et cela, chose inhabituelle, du côté pistes cuivrées ! Le plan de câblage de la figure 9b est là pour vous guider. Surélever de la plaquette la résistance bobinée R7 de 2 à 3 mm ; c'est un composant qui chauffe beaucoup. Couper bien à ras du circuit imprimé les pattes de ces éléments.

Mettre en place les deux TO3 en les **isolant du dissipateur** avec des micas enduits sur les deux faces de graisse au silicone.

La viscosité de ce produit doit les plaquer contre l'aluminium en les pressant fortement.

Dans les quatre trous de fixations, passer de la visserie de 3 x 15 mm et 3 x 25 mm pour T1 (côté boîtiers).

Sur l'autre face du radiateur, enfiler des canons en plastique.

Il s'agit de bien isoler la visserie afin d'éviter de très fâcheux courts-circuits lors de la mise sous tension de l'amplificateur. Les gorges de ces canons doivent descendre dans les trous percés précédemment à 3,5 mm de diamètre.

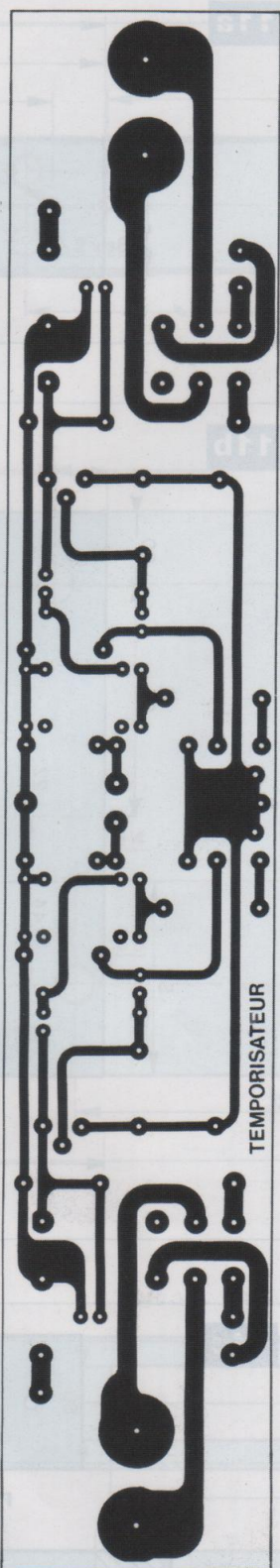
Descendre également et plaquer le module 9b contre les canons isolants, il est ainsi surélevé du dissipateur de 1 mm environ.

Les quatre pattes des boîtiers TO3 doivent traverser alors les pastilles du circuit imprimé.

Reste à bloquer les vis au moyen de rondelles « éventail » et d'écrous afin

pli. (D)

C6



8a

d'établir les contacts électriques.

Le module 9b est solidement tenu en place. On peut terminer son câblage, tout d'abord en soudant trois fils de forte section et d'une longueur de 40 cm environ chacun, aux pastilles situées sous T1. Choisir trois cou-

Nomenclature

DIVERS

Alimentation

Transformateur torique
2 x 51 V/500 VA
2 x pont redresseur 200 V/10 A
2 x condensateur 22 000 μ F/100 V, CO38
2 x porte-fusible châssis
2 x fusible 2,5 A
Interrupteur bipolaire 250 V/3 A
10 x cosse à souder \varnothing 6,2 mm

Châssis et équipement

Coffret TM, réf. : 80155
(80 x 155 x 150 mm)
Coffret ESM, réf. : ER 48/04-150
5 x passe fil \varnothing 10 mm
Cordon secteur
2 x prise châssis rouge
10 A \varnothing 8,2 mm
2 x prise châssis noire
10 A \varnothing 8,2 mm
Visserie de 4 mm

leurs différentes, ce qui minimise les risques d'éventuelles erreurs de câblage.

Souder les pattes des boîtiers TO3.

Ensuite, mettre en place T1. Au préalable, couper la patte centrale (E) qui ne sert à rien dans notre utilisation de ce composant, puisque nous avons préféré visser directement l'émetteur de T1 (semelle métallique) au collecteur de T2. Plier à angle droit les deux autres pattes (B) et (C).

T1 est prêt pour les interconnexions. On peut également visser contre le boîtier plastique de ce semiconducteur un petit dissipateur.

Raccordement des deux modules

Faire coulisser le module « amplificateur en tension » dans les rainures du dissipateur jusqu'à ce que les pastilles (B) et (E) soient positionnées face à face. Souder les queues de résistances.

Souder les fils d'alimentation (+) et (-) aux pastilles +U et -U situées de part et d'autre de T1.

C'est enfin terminé pour ce premier canal. Maintenant que vous savez comment procéder, la stéréo est à votre portée.

Une information supplémentaire tout de même.

Nous nous retrouvons avec un bloc de puissance duquel partent trois fils

de forte section. Ces trois fils devant se retrouver de l'autre côté du dissipateur pour être introduits dans le châssis par un passe-fil, prévoir un trou de \varnothing 6 à 8 mm au bas de celui-ci à 1 cm du bord.

• Le dissipateur central

Il est destiné à recevoir les quatre régulateurs basse tension LM 317K (deux par canal). Le circuit imprimé, figure 7c, permet d'établir les interconnexions de la même façon que précédemment avec T2 et IC2.

Ces interconnexions sont visibles en **figure 9c**.

Travailler le dissipateur central exactement comme pour la barre amplificatrice :

- repérage des seize trous, puis forages au \varnothing 3,5 mm
- ébavurage
- mise en place des régulateurs, deux par deux, en les isolant (toujours côté rainures de fixation du dissipateur),
- fixation des régulateurs avec de la visserie de 3 x 15 mm
- soudage des pattes de IC3 et IC4 au circuit imprimé ainsi que des résistances bobinées et des condensateurs
- souder un fil de forte section et d'une longueur de 40 cm à la patte (IN) de l'un des régulateurs
- même opération pour la patte (Adj) du même régulateur
- même travail à effectuer pour l'autre canal (module identique)
- passer les quatre fils (de couleurs différentes) dans le trou pratiqué au bas du dissipateur.

• La temporisation

Le plan de câblage est représenté en **figure 10a**. Il est précis et comme pour les autres modules, il faut se reporter à la nomenclature afin de connaître la valeur nominale de chacun des composants.

Les résistances R4 sont soudées côté pistes.

De même, pour les condensateurs de liaisons C6, leurs bornes (+) et (-) étant plaquées contre les pastilles cuivrées au moyen de leurs visseries. La **figure 10b** rappelle que transformateur et porte-fusible de la temporisation se soudent sur un autre circuit imprimé.

Réalisation du classe A : la mécanique

On trouve deux coffrets : un ESM de la série ER et un coffret TM série « standard ». Le coffret TM est fixé verticalement à cause du dissipateur central.

Des plans de découpes et perçages précis du coffret ESM sont reproduits en figures 11a, 11b et 11c.

Le travail du coffret TM est simple, l'arrière de ce boîtier en aluminium est percé de quatre trous : 2 x $\varnothing 4$ mm et 2 x $\varnothing 9$ mm.

Ces quatre trous doivent correspondre exactement à ceux situés sur le capot supérieur du ESM entre les deux ouvertures de $\varnothing 74$ mm destinées, elles, au passage des condensateurs de filtrage.

Le dessous du coffret est percé d'une part, au fond et à gauche, de deux trous. Un trou de $\varnothing 10$ mm recevra un passe-fil, il permettra d'introduire le cordon secteur.

Un trou de $\varnothing 4,5$ à $6,5$ mm (selon l'interrupteur) permettra de l'y fixer.

D'autre part, un trou central de $\varnothing 8$ mm servira au maintien du transformateur d'alimentation torique de 500 VA.

Équipement du coffret ESM

Après avoir remonté en partie celui-ci (capot supérieur + côtés + flasque arrière + flasque avant) avec l'abondante visserie fournie, équiper la flasque arrière de ses bornes HP (4 x $\varnothing 8,5$ mm) et, ce qui est facultatif, introduire des passe-fils dans les trois trous de $\varnothing 9$ mm.

Visser les porte-fusibles dans les trous de $\varnothing 13$ mm du capot supérieur et fixer les brides des condensateurs de filtrage (6 x $\varnothing 3$ mm) à l'intérieur du coffret.

Équipement du coffret TM

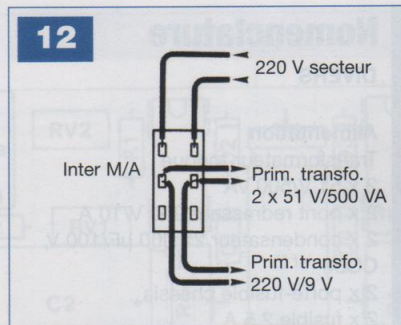
Fixer les ponts redresseurs aux trous de $\varnothing 4$ mm (arrière du boîtier).

Mettre en place le transformateur avec ses coupelles et l'immobiliser avec la vis centrale.

Scier cette vis trop longue au ras de l'écrou.

Introduire le passe-fil dans le trou de $\varnothing 10$ mm.

Visser l'interrupteur du type bipolaire. À l'exception du cordon secteur (par



commodité), on peut tout de suite entreprendre les interconnexions des fils à l'intérieur de ce coffret.

Souder chacun des secondaires du torique à un pont redresseur aux cosses ~. Bien vérifier la couleur des fils afin qu'une tension alternative de 51 V soit appliquée à ces ponts moulés.

Souder des fils de forte section (1,5 mm²) aux deux autres cosses, un fil rouge de 30 cm de longueur pour la polarité (+), un bleu de même longueur pour la polarité (-).

Souder le primaire du transformateur comme indiqué en figure 12, aux cosses de l'interrupteur « double bipolaire ».

Également en parallèle sur ces deux cosses, souder des fils de faible section (fils en nappe) de 30 cm de longueur qui vont alimenter le primaire du transformateur moulé de la temporisation (TR1 - 220V/9 V~).

Fixation du module de temporisation

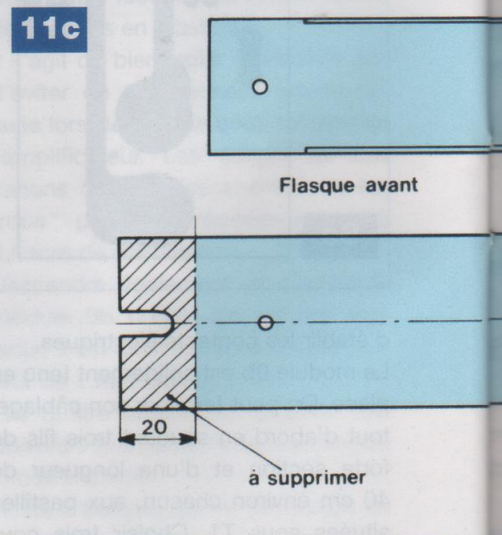
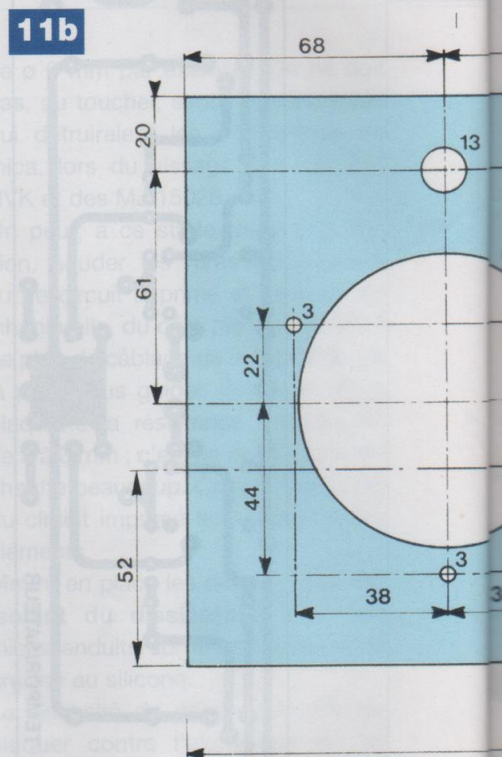
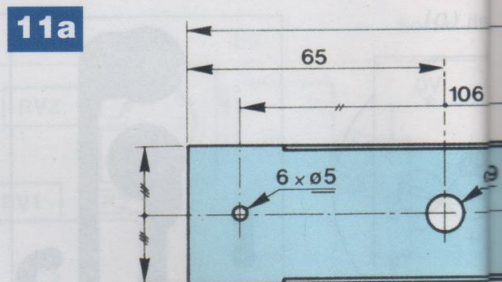
Il est tenu en place par les brides des deux condensateurs de liaisons de 4 700 μ F. Les deux brides sont vissées à la flasque avant, après en avoir repéré les quatre trous de fixations et effectué les perçages à $\varnothing 3$ mm.

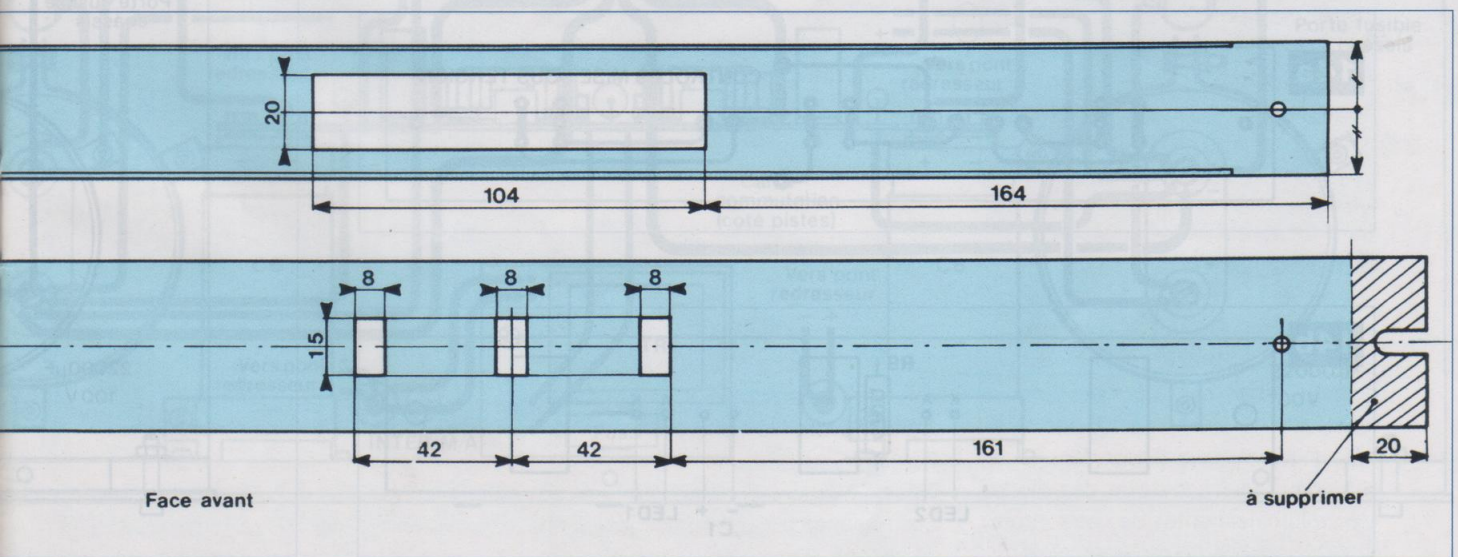
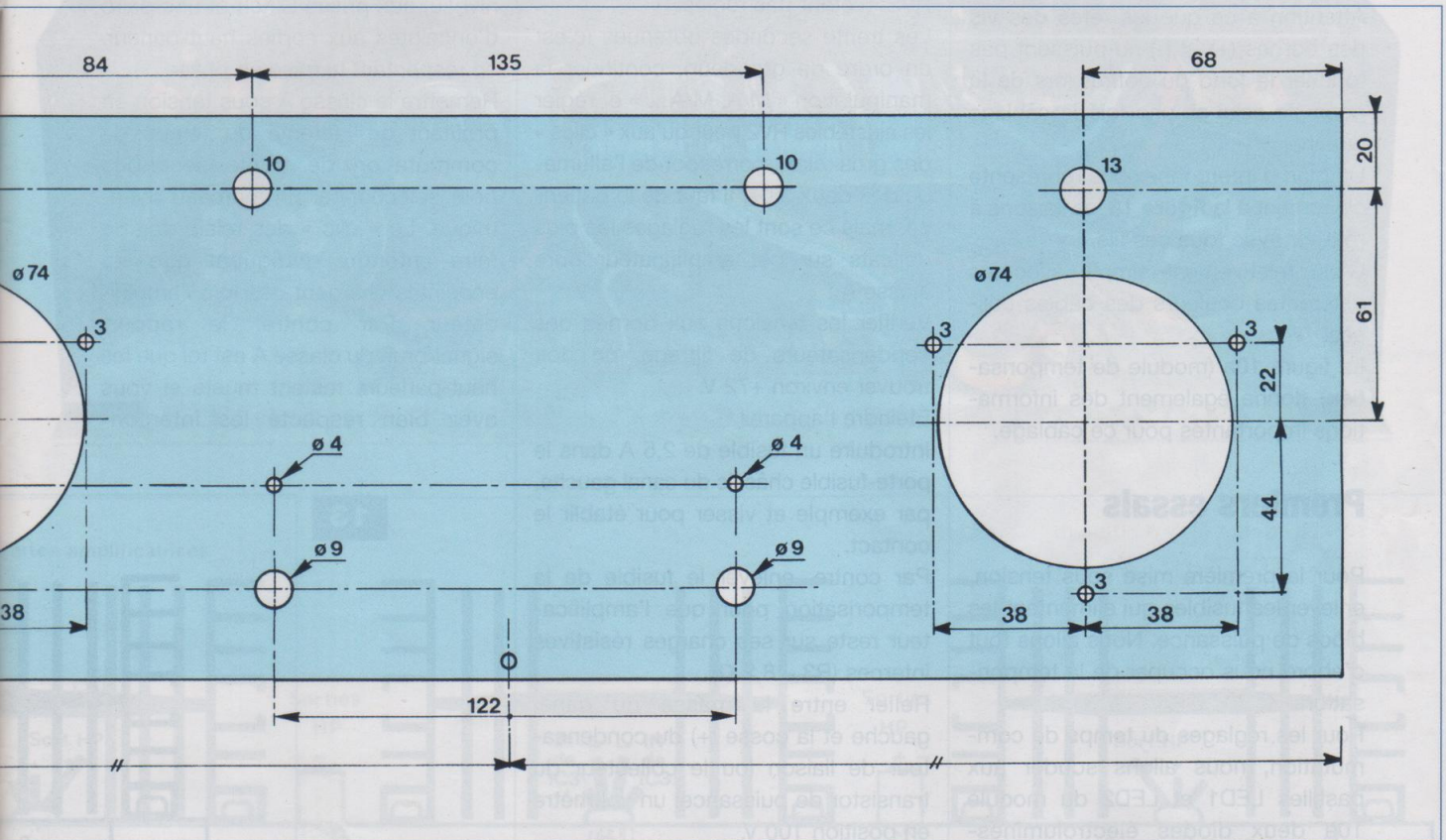
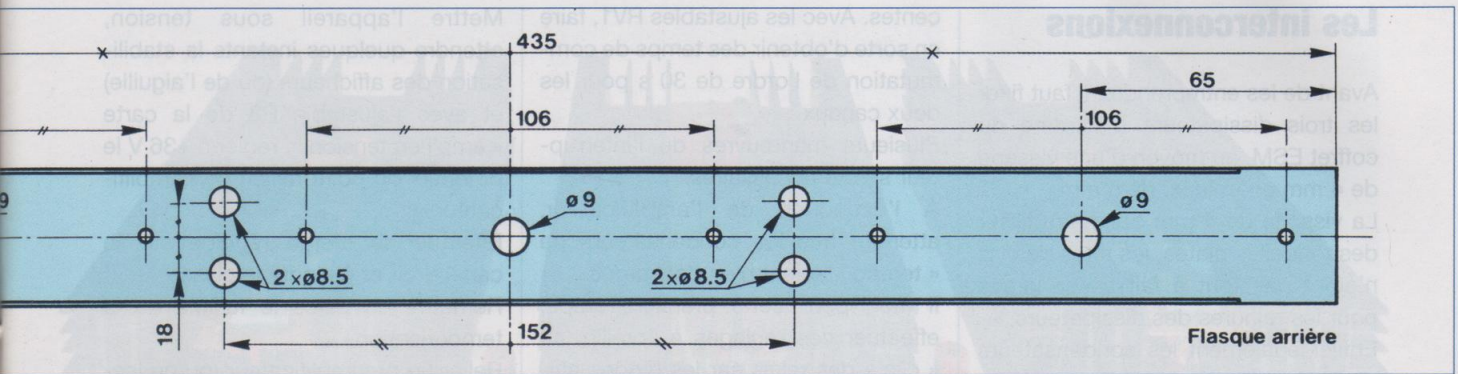
Fixation du coffret TM au coffret ESM

Elle se fait au moyen des deux vis servant au maintien des ponts redresseurs (2 x $\varnothing 4$ mm).

Ce travail terminé, on en profite pour mettre en place le petit module de la temporisation, entre les deux condensateurs de liaisons C6 et contre la flasque avant (voir photo B).

On perce un trou de $\varnothing 3$ mm qui traverse les deux coffrets. Ce module est surélevé de l'épaisseur d'un écrou afin d'éviter les courts-circuits.





Les interconnexions

Avant de les entreprendre, il faut fixer les trois dissipateurs à l'arrière du coffret ESM, au moyen d'une visserie de 4 mm ou, mieux, de 5 mm.

La visserie de 4 mm oblige à utiliser des rondelles plates, les têtes des vis n'étant pas tout à fait assez larges pour les rainures des dissipateurs.

Enfiler également les condensateurs de filtrage de 22 000 µF dans leurs brides et bien les bloquer.

Attention à ce que les têtes des vis des bornes (+) et (-) ne puissent pas toucher le fond du coffret lors de la pose de celui-ci, une fois le câblage terminé.

Un plan d'interconnexions représente clairement à la **figure 13** les liaisons à réaliser avec tous ces fils.

C'est relativement simple avec les différentes couleurs des câbles utilisés.

La figure 10a (module de temporisation) donne également des informations importantes pour ce câblage.

Premiers essais

Pour la première mise sous tension, enlever les fusibles qui alimentent les blocs de puissance. Nous allons tout d'abord nous occuper de la temporisation.

Pour les réglages du temps de commutation, nous allons souder aux pastilles LED1 et LED2 du module 10a deux diodes électrolumines-

centes. Avec les ajustables RV1, faire en sorte d'obtenir des temps de commutation de l'ordre de 30 s pour les deux canaux.

Plusieurs manœuvres de l'interrupteur seront nécessaires.

À l'extinction de l'amplificateur, attendre que les condensateurs de « tempo » soient bien déchargés.

Il faut, pour cette première étape, effectuer ces réglages à l'oreille, au « clic » des relais car les diodes affichent n'importe quoi, les ajustables RV2 n'étant pas réglés.

Les trente secondes obtenues (c'est un ordre de grandeur), continuer la manipulation « M/A, M/A... » et régler les ajustables RV2 pour qu'aux « clics » des gros relais, corresponde l'allumage des deux leds. Il faut de la patience, mais ce sont les réglages les plus délicats sur cet amplificateur pure classe A !

Vérifier les tensions aux bornes des condensateurs de filtrage, on doit trouver environ +72 V.

Éteindre l'appareil.

Introduire un fusible de 2,5 A dans le porte-fusible châssis du canal gauche, par exemple et visser pour établir le contact.

Par contre, enlever le fusible de la temporisation pour que l'amplificateur reste sur ses charges résistives internes (R3 – 8,2 Ω).

Relier entre la masse du canal gauche et la cosse (+) du condensateur de liaison (ou le collecteur du transistor de puissance) un voltmètre en position 100 V.

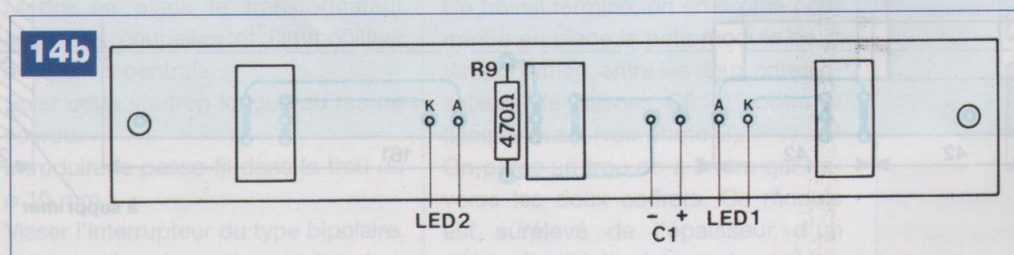
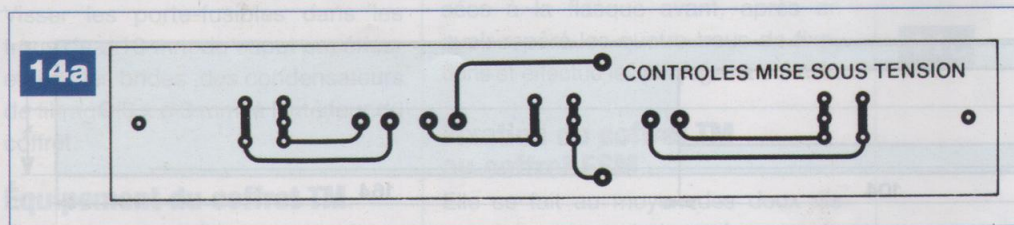
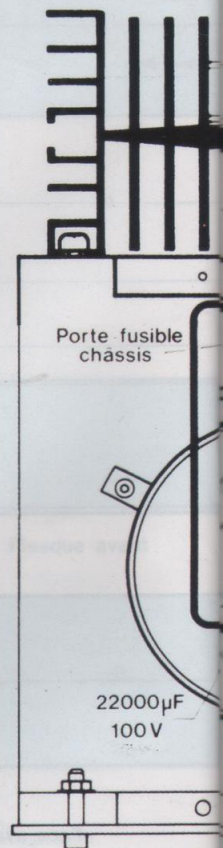
Mettre l'appareil sous tension, attendre quelques instants la stabilisation des afficheurs (ou de l'aiguille) et avec l'ajustable R3 de la carte « ampli en tension », régler à +36 V le potentiel du point milieu de l'amplificateur.

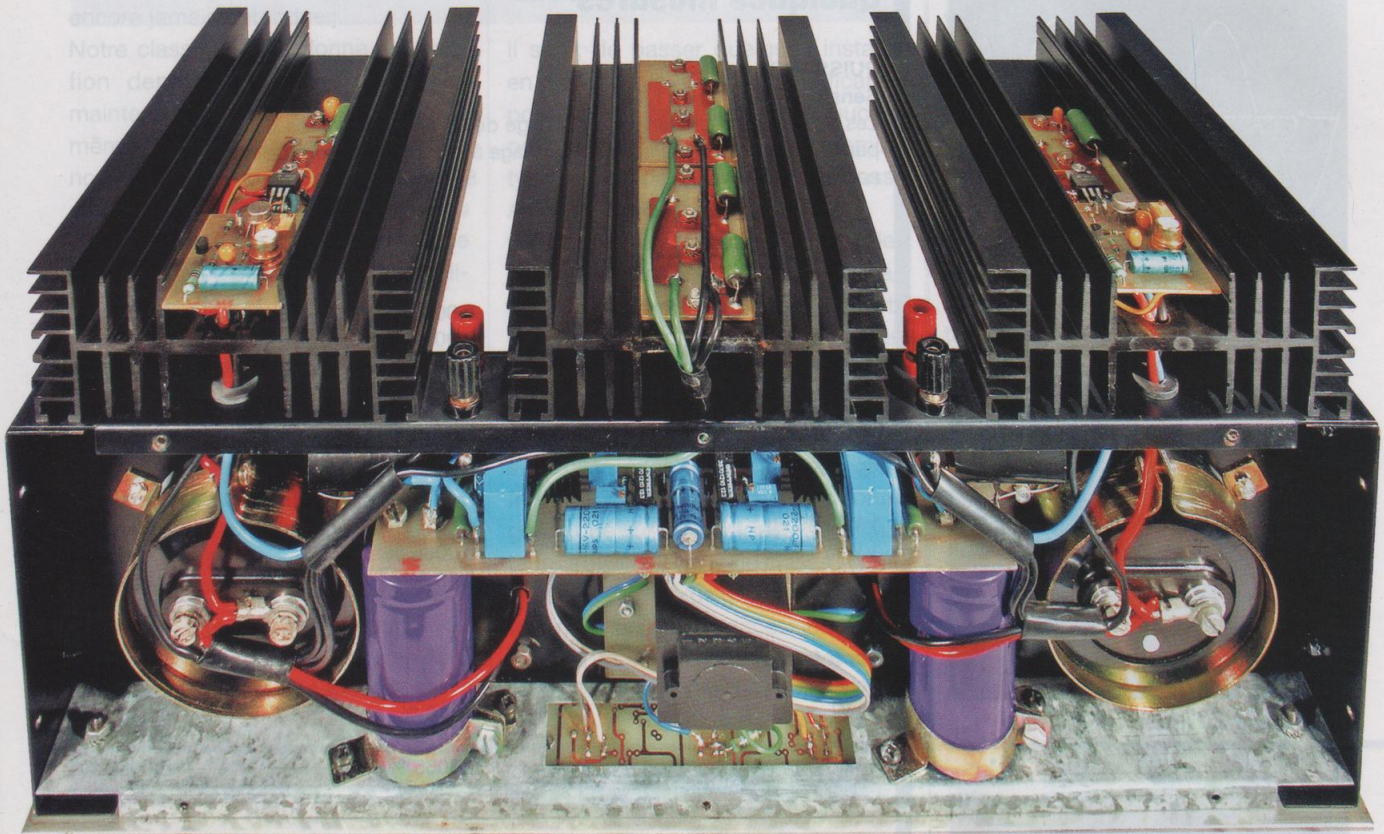
Effectuer le même réglage sur le canal droit et éteindre le classe A. Remettre en place le fusible de la temporisation.

Relier un préamplificateur (ou un lecteur CD disposant d'un réglage de niveau) aux prises Cinch et une paire d'enceintes aux sorties haut-parleur, en respectant la mise en phase.

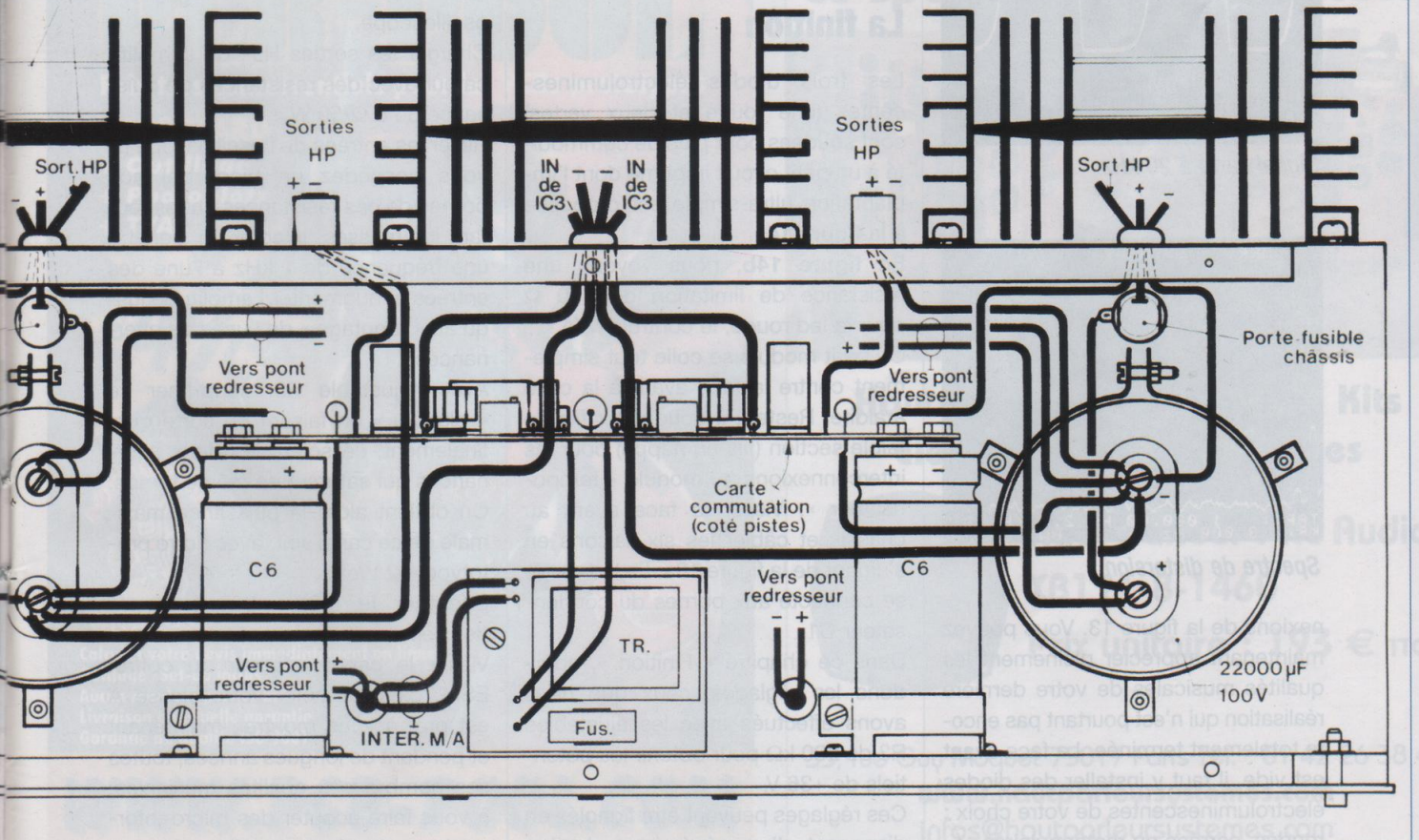
Remettre le classe A sous tension en profitant de l'attente du temps de commutation de trente secondes pour sélectionner un morceau dynamique. Le « clic » des relais doit se faire entendre, indiquant que les enceintes chargent dès lors l'amplificateur. Par contre, le rapport signal/bruit du classe A est tel que les haut-parleurs restent muets si vous avez bien respecté les intercon-

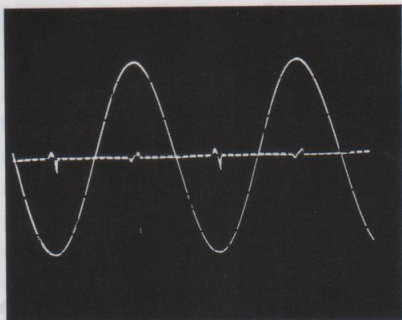
13



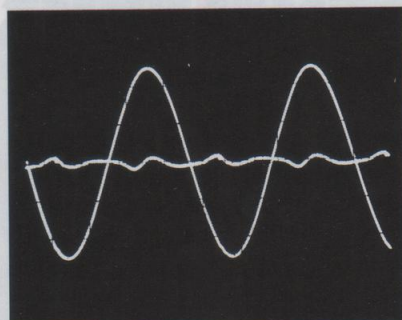


Cartes amplificatrices

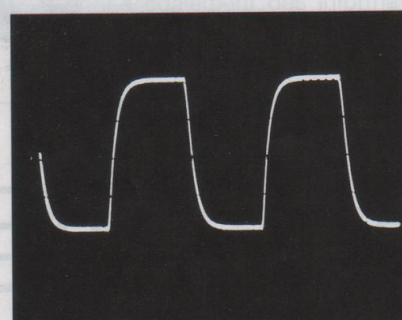




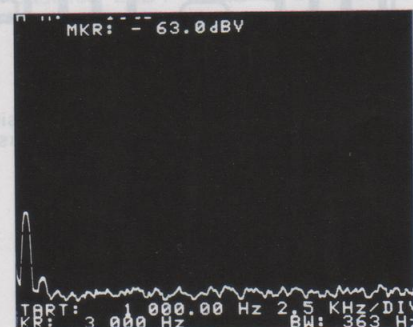
Ecrêtage à 1 kHz



Ecrêtage à 20 kHz



Signal carré à 20 kHz



Spectre de distorsion

nexions de la figure 13. Vous pouvez maintenant apprécier pleinement les qualités musicales de votre dernière réalisation qui n'est pourtant pas encore totalement terminée. La face avant est vide, il faut y installer des diodes électroluminescentes de votre choix : rondes, carrées ou rectangulaires.

Quelques mesures

PUISSANCE

Sensibilité d'entrée : 1,4 Veff

Les deux canaux en service sur charge de 8 W pour 0,3 % de distorsion par l'harmonique à la limite de l'écrtage à 1000 Hz, tension d'alimentation nominale : 220 V

56 W 56 W

DISTORSION

Par harmoniques

30 W à 40 Hz	0,0085 %	0,0088 %
30 W à 1 kHz	0,0071 %	0,0073 %
30 W à 20 kHz	0,037 %	0,039 %
15 W à 40 Hz	0,0042 %	0,0045 %
15 W à 1 kHz	0,0030 %	0,0037 %
15 W à 20 kHz	0,019 %	0,020 %
1 W à 40 Hz	0,011 %	0,011 %
1 W à 1 kHz	0,0065 %	0,0065 %
1 W à 20 kHz	0,03 %	0,03 %

Par intermodulation

Pour une combinaison de fréquences dans un rapport de 4 à 1 (60 Hz/7000 Hz, R = 1/4)

30 W	0,018 %	0,018 %
15 W	0,0079 %	0,0081 %
1 W	0,0065 %	0,0066 %

TEMPS DE MONTÉE À 10 kHz

4,5 µs 4,5 µs

La finition

Les trois diodes électroluminescentes (une rouge et deux vertes) sont soudées pour plus de commodité à un petit circuit imprimé dont l'implantation ultra-simple est proposée à la figure 14a.

En figure 14b, nous voyons une résistance de limitation de 470 Ω pour la led rouge, le contrôle M/A.

Ce petit module se colle tout simplement contre la face avant à la colle araldite. Restent à souder six fils de faible section (fils en nappe) pour les interconnexions au module « temporisateur ». Visser la face avant au châssis et câbler les six liaisons en s'aidant de la figure 10a. La led rouge se connecte aux bornes du condensateur C1.

Dans ce chapitre « Finition », abordons les réglages, ceux que nous avons effectués avec les ajustables R3 de 200 kΩ pour obtenir les potentiels de +36 V.

Ces réglages peuvent être figolés en disposant d'un générateur et d'un

oscilloscope.

Charger les sorties H.P. de l'amplificateur avec des résistances de puissance de 8 Ω/50 W.

Relier les entrées de l'oscilloscope (si vous possédez un bicourbe) aux bornes de ces résistances en respectant les masses. Injecter un signal à une fréquence de 1 kHz à l'une des entrées et augmenter l'amplitude jusqu'au « raboutage » de l'une des alternances.

Avec l'ajustable R3, supprimer ce « plateau » en faisant en sorte que, finalement, ce soient les deux alternances qui saturent en même temps. On obtient alors la puissance maximale de ce canal soit, avec notre prototype, 52 W.

Effectuer le même travail sur la deuxième voie.

Visser le capot inférieur du coffret ESM, c'est terminé. Votre classe A est prêt à vous montrer, maintenant et pendant de longues années, toutes ses nombreuses qualités musicales, à vous faire écouter des micro-informations pourtant gravées sur vos

enregistrements mais que vous n'aviez encore jamais entendues.

Notre classe A nous donne satisfaction depuis près de dix-huit ans maintenant et c'est toujours avec le même plaisir, la même émotion, que nous écoutons nos morceaux favoris, que ce soit du classique, du jazz ou de la variété. Il n'a pas pris une seule ride face aux produits commercialisés à des prix !

Une dernière remarque

Il est possible de souder aux bornes des condensateurs de liaisons de 4 700 µF, des polypropylènes de 4,7 µF. Les oreilles d'experts en écoutes de matériels hi-fi ont constaté une très légère amélioration du registre dans l'extrême aigu, condensateur... ou pas condensateur ! Quoi qu'il en soit, le prototype en est équipé.

Écoute

Il suffit de passer quelques instants en compagnie de cet amplificateur pour trouver l'explication d'un succès parfaitement mérité. Il est l'exemple type de tout ce qu'un véritable classe A peut offrir de mieux à l'écoute.

Cet appareil transcrit les grandes œuvres symphoniques en nous faisant redécouvrir les notions de liberté d'expression, de sensation d'ouverture et d'espace tridimensionnel.

Quelle que soit leur nature, les timbres sont restitués avec une fidélité et une sensibilité exemplaires, un caractère fruité et riche que l'on ne rencontre guère que sur les quelques amplificateurs travaillant en vraie classe A dont le seul, mais le plus gros défaut, reste un prix difficilement accessible.

L'équilibre sonore est des plus réussis et les sonorités à tendance velou-

tée sont totalement absentes d'agressivité. Les registres de grave et de bas-médium apparaissent comme légèrement plus présents que les autres registres, ce qui renforce l'effet d'ampleur et de profondeur mais sans aucune sensation de lourdeur. Les meilleurs résultats s'obtiennent après plusieurs dizaines de minutes de fonctionnement.

Les radiateurs atteignent alors une température élevée, mais normale. Comme on le sait, ce type d'amplificateur doit être placé dans un endroit parfaitement ventilé si l'on veut éviter tout risque d'emballement thermique. La seule petite critique que l'on pourrait formuler à propos de ce montage original et performant concerne les bornes HP qui sont peu accessibles, à l'avantage toutefois de liaisons ultra-courtes.

B. DUVAL

PCB-POOL®
Prix très concurrentiels pour les PCBs prototypes

1 EUROCARD
+ Outillage
+ Photoplots
+ TVA

€49⁹⁰
*Ce prix ne comprend pas les frais de port.

Appel Gratuit
0800-903 630

Calculez votre devis immédiatement en ligne
Outillage /Set-up inclus
Aucun montant minimum
Livraison ponctuelle garantie
Garantie de qualité ISO 9001

WWW.PCB-POOL.COM

HAUT-PARLEURS SYSTÈMES Le spécialiste du Sur-Mesure



Haut-parleurs - Enceintes - Kits Électroniques - Accessoires



**Haut-parleur PHL Audio
XB171-8-1460**

Prix unitaire : 193 € TTC

35, rue Guy Môquet 75017 Paris Tél. : 01 42 26 38 45

www.hautparleursystemes.com

infos@hautparleursystemes.com

LA COAXIALE

Enceinte 2 voies

Compte tenu de sa taille et de ses performances, cette minuscule enceinte de moins de cinq litres devrait aisément trouver sa place dans votre intérieur; d'autant qu'elle répond à deux critères de taille : rigueur de conception et excellent rapport qualité-prix.

Enceinte à 20 W

La « Coaxiale », comme nous l'avons baptisée, est une enceinte de qualité vraiment haute fidélité qui, associée à un caisson de grave, donnera une très haute qualité d'écoute. De plus, les amateurs de Home Cinema pourront se faire plaisir avec une installation composée de quatre satellites « Coaxiale » (deux avants et deux arrières), plus un caisson d'extrême grave.

Volontairement, nous ne parlons pas d'enceinte centrale, dont certains amateurs avertis contestent l'utilité. Cette enceinte centrale permet de situer les voix des commentateurs ou des acteurs qui apparaissent à l'écran en plan rapproché. Nous pensons que si l'enregistrement stéréophonique est réalisé dans les règles de l'art et que les enceintes frontales sont en phase dans un local adapté, les voix seront localisées au centre.

Quel est son secret ?

Lorsque l'on veut concevoir une petite enceinte, on se heurte tout de suite au problème des faibles dimensions de la face avant pour le choix du ou des haut-parleurs, avec des conséquences immédiates, notamment sur la tenue en puissance et le rendement. Utiliser un haut-parleur unique



large bande est une solution possible, malheureusement nous n'avons pas trouvé le mouton à cinq pattes satisfaisant aux critères retenus. La seule solution restante pour pouvoir utiliser un boomer-médium avec une superficie émissive suffisante (c'est-à-dire un diamètre de membrane important) est de placer le tweeter au centre, à la place du cache noyau.

C'est une technique déjà ancienne et utilisée par de nombreux constructeurs, aussi bien dans le milieu de la haute-fidélité que dans celui de la sonorisation professionnelle.

Ce type de haut-parleur porte le nom de haut-parleur coaxial, d'où le nom de baptême de ce projet !

Un « coax » offre, bien sûr, des avantages, mais également des inconvénients.

Parmi les avantages, nous citerons :

- L'utilisation de la membrane du médium comme amorce de pavillon
- La compacité
- La coïncidence des centres acoustiques entre la partie grave-médium et le tweeter qui est un facteur extrêmement favorable à la cohérence sonore.

Parmi les inconvénients, figurent :

- Les contraintes sur le choix du tweeter imposées par le diamètre de la bobine mobile du haut-parleur « hôte »
- La modulation possible entre les voies
- Les inévitables problèmes de déphasages à certaines fréquences entre les deux haut-parleurs.
- L'influence sur la directivité de l'ensemble.

PHL Audio, fabricant français de haut-parleurs de renommée internationale, nous a confié un haut-parleur coaxial qui a immédiatement aiguisé notre curiosité. Sous la référence SP1460, il réunit un haut-parleur de 17 cm et un étonnant petit tweeter à dôme, conçu spécialement pour cette application.

Le SP1460 de PHL Audio

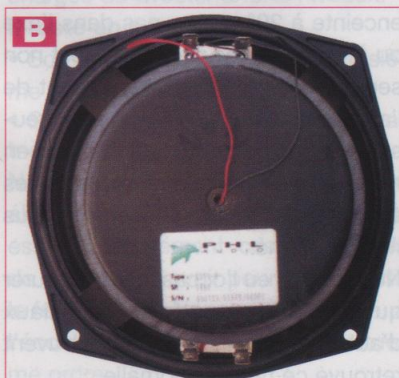
Le boomer-médium

Il s'agit du modèle SP1360. Le spider et la suspension périphérique du SP1460 sont légèrement plus souples et permettent ainsi une fréquence de résonance un peu plus basse. Le **tableau 1** regroupe les principales caractéristiques fournies par le fabricant PHL Audio.

Le tweeter

C'est un tweeter à haut-rendement de 1,5 pouce (38 mm) de diamètre extérieur, spécialement développé pour être utilisé en assemblage au centre d'un haut-parleur (**photo A**). Le diaphragme est un dôme semi-rigide traité de 1 pouce (25 mm) de diamètre. Le moteur est constitué de deux aimants Neodymium. Ce type d'aimant permet d'obtenir un champ magnétique intense dans un volume très faible. Du Ferrofluid à faible viscosité assure un refroidissement efficace. Enfin, une bobine mobile ultra légère en fil d'aluminium, raccordée à des terminaisons filaires renforcées, complète ce véritable petit bijou (**photo B**).

Ses caractéristiques principales sont présentées dans le **tableau 2**.



Paramètres du boomer-médium PHL AUDIO XB171-8-1460 : partie 17 cm		
Impédance nominale	Z	8 Ω
Rendement (1 W à 1 m)	E	93 dB SPL
Bande-passante recommandée	BP	40 à 4000 Hz
Puissance maximale (AES)	P	100 W
Niveau de pression maximum	SPL Max	109 dB
Module d'impédance minimum	Zmin	6,6 Ω à 360 Hz
Inductance de la bobine mobile à 1 kHz		0,64 mH
Inductance de la bobine mobile à 10 kHz		0,23 mH
Facteur de force	BL	8,80 N/A
Masse mobile	Mms	0,011 kg
Paramètres Thiele-Small : Typiques (limites QC) mesurés à 20 mA/20° C		
Fréquence de résonance	Fs	44 Hz (±7)
Résistance continue de la bobine mobile	Re	6,1 Ω (±0.6)
Facteur de qualité mécanique	Qms	3,2
Facteur de qualité électrique	Qes	0,24
Facteur de qualité totale	Qts	0,22
Compliance mécanique de la suspension	Cms	1200.10 ⁻⁶ m/N
Surface effective du diaphragme	Sd	0,0133 m ²
Charge d'air équivalente Cas	Vas	0,029 m ³
Excursion linéaire du diaphragme	Xmax	± 3,5 mm
Déplacement linéaire du volume	Vd	0,047.10 ⁻³ m ³
Référence efficace	η0	1,0 %
Volume unitaire de charge	Vas Qts ²	1,5
Valeurs maximales absolues		
Tension d'entrée maximale courte durée	Vmax	60 V
Excursion maximale avant dommages	Xdam	± 8 mm
Température ambiante opérationnelle	Ta	-10 à + 50 °C
Température de stockage		-20 à + 70°C
Environnement		Tropical
Informations d'application		
Volume occupé par le haut-parleur		0,5.10 ⁻³ m ³
Poids net du haut-parleur		2,15 kg
Volume de coffret recommandé (B-reflex)		15 L / 56 Hz

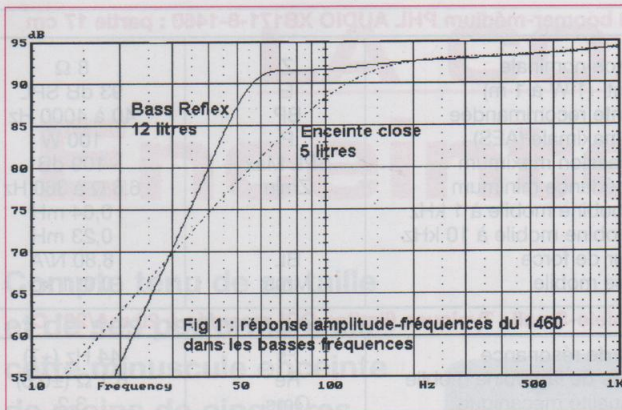
Tableau 1

Paramètres du XB171-8-1460

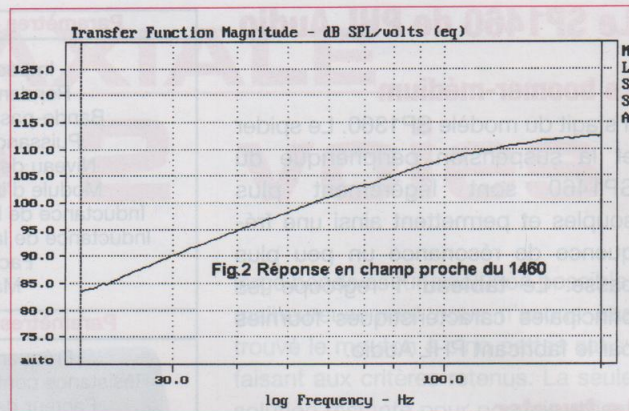
Paramètres du tweeter Coaxial 1,5 TWX		
Impédance nominale	Z	6 Ω
Rendement (1 W à 1 m)	E	95 dB SPL
Bande-passante recommandée	BP	300 à 20.000 Hz
Angle de couverture	α	# 100
Puissance maximale (AES)	P	60 W
Niveau de pression maximum	SPL Max	111 dB
Module d'impédance minimum	Zmin	4,3 Ω à 4,5 kHz
Inductance de la bobine mobile à 20 kHz		100 μH
Facteur de force	BL	8,80 N/A
Masse mobile	Mms	0,011kg
Paramètres Thiele-Small : Typiques (limites QC) mesurés à 20 mA/20° C		
Fréquence de résonance	Fs	1650 Hz (±250)
Résistance continue de la bobine mobile	Re	3,9 Ω (±0,5)
Excursion linéaire du diaphragme	Xmax	± 3,5 mm
Valeurs maximales absolues		
Tension d'entrée maximale courte durée	Vmax	40 V
Fréquence de coupure basse préconisée		3.0kHz
Température ambiante opérationnelle	Ta	-10 à +50 °C
Température de stockage		-20 à +70°C
Environnement		Traité humidité
Informations d'application		
Poids net du haut-parleur		53.10 ⁻³ kg
Filtre passif second ordre recommandé	C/L	4,7 μF/0,33 mH

Tableau 2

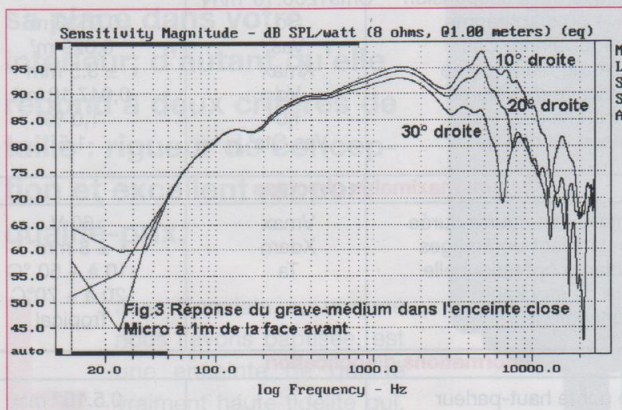
Paramètres du XB171-8-1460



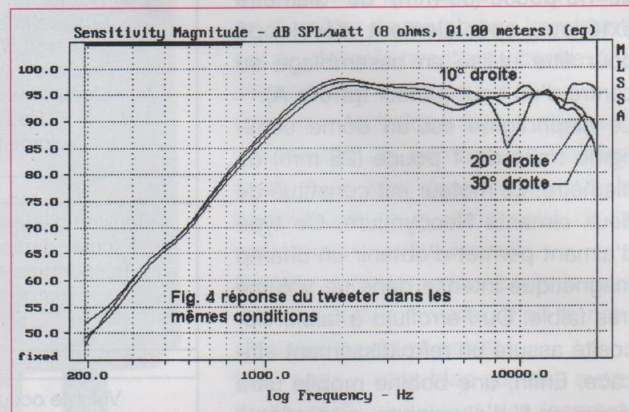
1



2



3



4

Étude technique

Le cahier des charges

- Volume inférieur à sept litres
- Pression acoustique à 1 m sans distorsion audible ≥ 105 dB
- Linéarité amplitude-fréquences 150 Hz - 18 kHz ± 3 dB
- Faible directivité

Le choix du type de charge

Le haut-parleur choisi est un modèle 1360 sans cache noyau.

Désireux de réaliser une mini-enceinte, nous avons opté pour une charge close de cinq litres, ce qui nous donne une fréquence de coupure de 125 Hz (- 3 dB) comme indiqué en **figure 1** (une simulation effectuée avec LEAP). Le fait d'avoir choisi une charge de type « clos » permet d'obtenir la meilleure réponse transitoire possible, mais au détriment de la réponse dans le bas du spectre.

Il suffira d'associer un filtre actif Butterworth passe-haut du deuxième ordre, avec la même fréquence de coupure (125 Hz), pour obtenir une réponse acoustique passe-haut de

type Linkwitz-Riley du quatrième ordre.

Les mesures sur le SP1460

Compte tenu de la taille réduite de cette enceinte et de l'utilisation présumée de celle-ci comme satellite, nous optimiserons la réponse acoustique de cette enceinte à 20° de l'axe. Il ne sera donc pas nécessaire de les orienter vers les auditeurs.

Courbe amplitude-fréquences sans filtre

La **figure 2** présente la réponse de l'enceinte, mesurée en champ proche de 20 Hz à 200 Hz. On remarque la très bonne adéquation entre la simulation de la figure 1 et la mesure.

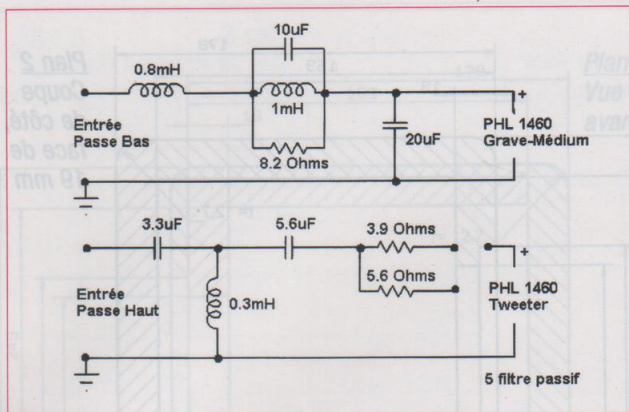
On retrouve la fréquence de coupure et la pente d'atténuation prévues.

La réponse du grave-médium (**figure 3**) n'appelle pas de commentaire particulier. On dispose d'un excellent haut-parleur. On remarque l'influence de la diffraction de baffle entre 180 Hz et 1 500 Hz qu'il faudra corriger, un premier fractionnement de membrane vers 4 800 Hz et un petit

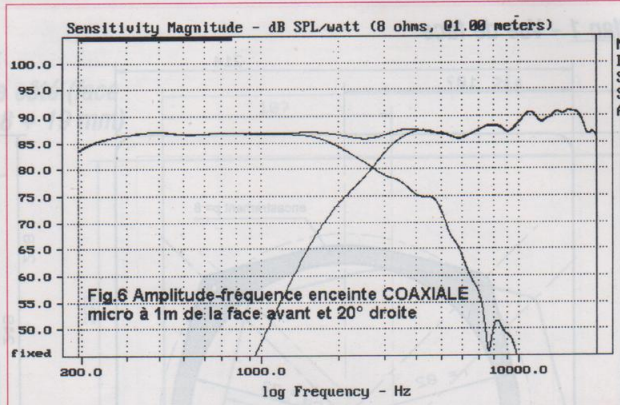
accident de phase à 7 800 Hz sur la courbe à 30° de l'axe. Après corrections, le rendement de l'enceinte devrait s'établir autour de 87-88 dB.

La **figure 4** représente la réponse du tweeter. La courbe est régulière et le tweeter peu directif, avec une chute à partir de 15 kHz et seulement à 30° de l'axe. On remarque un accident aux environs de 9 kHz, dans la mesure à 10° de l'axe; celui-ci disparaît complètement à 20° et 30°. C'est une interaction de phase typique entre le tweeter et le grave-médium, car ce trou n'existe pas lorsque l'on mesure le tweeter isolément. Cela nous conforte dans l'idée d'optimiser cette enceinte à 20° et non pas dans l'axe ou à 10°. Comme ce « trou » est non seulement étroit, mais dépendant de l'angle de mesure, il ne sera heureusement pas perceptible à l'écoute en milieu semi-réverbérant, comme les écoutes attentives ultérieures nous l'ont confirmé.

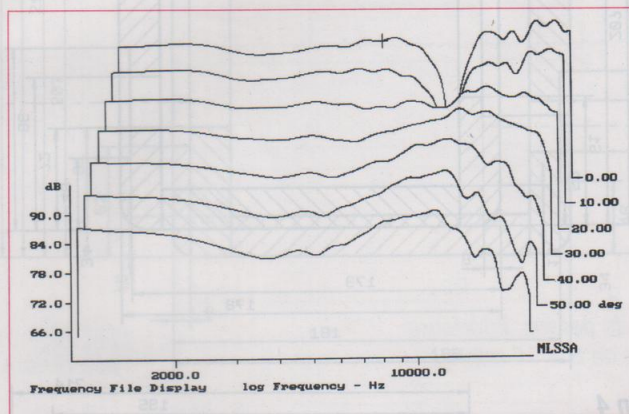
Nous avons eu l'occasion de mesurer quelques haut-parleurs coaxiaux d'autres marques et avons souvent retrouvé ce type d'anomalie.



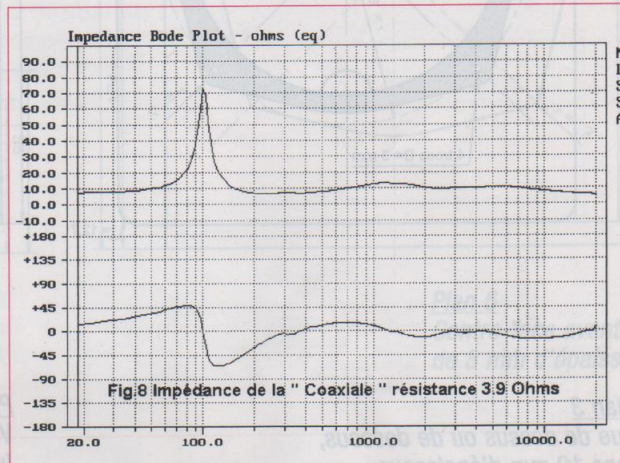
5



6



7



8

Le filtre passif

Comme dans bien des cas, ce sont les courbes de réponse des haut-parleurs qui déterminent le type de filtre, la fréquence de coupure et les pentes d'atténuations. Un examen attentif montre une limite inférieure à 2 kHz pour le tweeter et une limite supérieure à 3 kHz pour le grave-médium. Nous avons donc fixé la fréquence de coupure à 2,8 kHz.

Il est impossible d'envisager une pente d'atténuation faible car nous retrouverions, d'une part, le fractionnement de la membrane du 17 cm et d'autre part, un risque certain de surcharges du tweeter à forts niveaux.

Il reste en pratique :

- Soit un filtre Butterworth du troisième ou quatrième ordre
- Soit un filtre Linkwitz-Riley du quatrième ordre.

Nous avons alors utilisé notre filtre électronique BSS FDS366 pour essayer rapidement ces trois types de filtres, sans avoir pour cela à sortir le fer à souder. Nous avons préféré, à l'écoute, le Linkwitz-Riley du quatrième ordre.

Voilà donc les paramètres du filtre passif fixés, reste maintenant à le réaliser.

Après avoir importé les courbes de réponse et d'impédance des deux éléments dans le logiciel de simulation Calsod, nous avons imposé les objectifs (filtre de Linkwitz-Riley du quatrième ordre, fréquence de coupure de 2,8 kHz).

Après un certain nombre d'optimisations, en essayant de diminuer au minimum le nombre des composants nécessaires, nous arrivons au filtre définitif présenté en **figure 5**.

Pour la partie passe-bas, la self de 0,8 mH, associée au condensateur de 20 µF, forment un circuit du deuxième ordre. Ce qui ressemble à un circuit bouchon (1 mH/8,2 Ω / 10 µF) sert à la fois à compenser la diffraction de baffle (c'est-à-dire le passage du mode 4 Ω au mode 2 Ω) et à compléter le premier circuit.

Le passe-haut est un classique circuit du troisième ordre. La résistance de 3,9 Ω (ou de 5,6 Ω, si l'on souhaite une légère atténuation du niveau d'aigu) sert à ajuster les rendements.

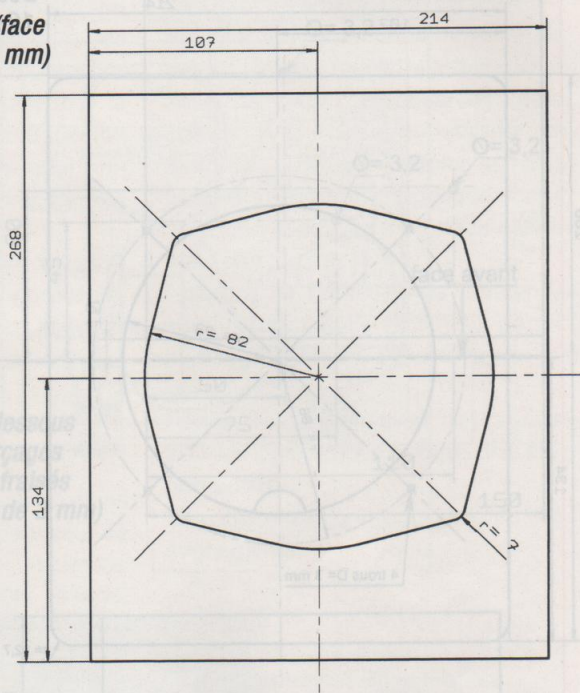
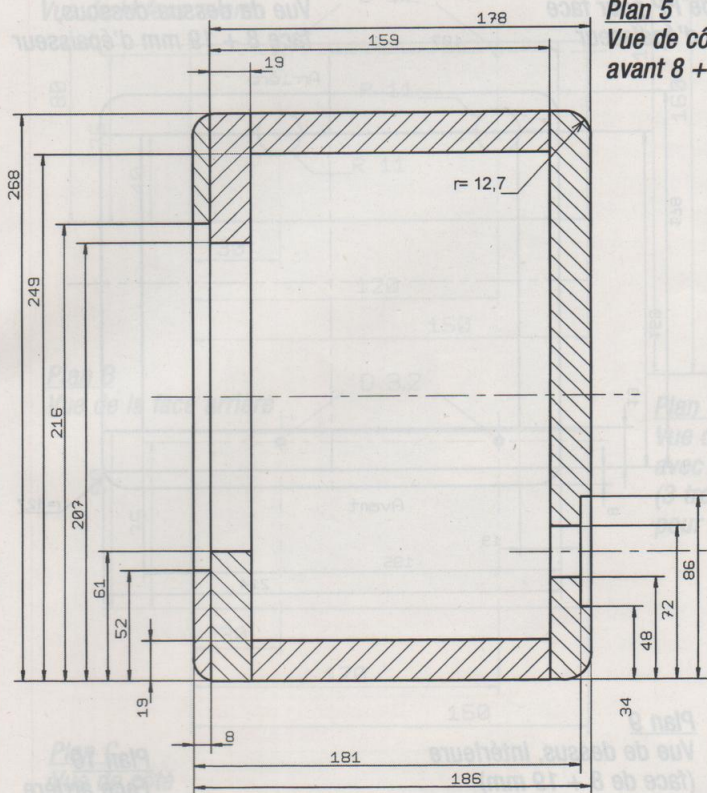
Résultats

Ils sont excellents, comme l'atteste la **figure 6**. Nous obtenons une réponse qui tient dans un couloir de ± 2 dB. La fréquence de coupure est bien de 2 800 Hz et les pentes proches de celles d'un filtre de type Linkwitz-Riley du quatrième ordre. Le rendement s'établit à 87 dB/1 W/1 m. Nous avons préféré ne pas atténuer la légère remontée de niveau entre 12 et 18 kHz, car cela génère un léger surcroît de définition très agréable à l'écoute.

La directivité de cette mini-enceinte est très faible, comme on peut le voir en **figure 7**. On remarque l'anomalie de phase aux environs de 8 kHz à 0° et à 10° qui disparaît complètement à partir de 20°. A 60°, le niveau d'aigu ne commence à chuter qu'à partir de 10 kHz.

La courbe d'impédance, présentée en **figure 8** est très régulière et presque résistive à partir de 300 Hz. Cette enceinte sera donc particulièrement facile à piloter pour les amplificateurs.

Plan 5
Vue de côté (face avant 8 + 19 mm)



Plan 6
Contre-face avant
de 8 mm d'épaisseur

dire une seule section de filtrage).

- Filtre passe-bas Linkwitz-Riley quatrième ordre, F_c : 125 Hz (c'est-à-dire deux sections de filtrage Butterworth deuxième ordre en série).

Bien que l'étude n'ait pas été entreprise dans ce but, il reste parfaitement envisageable de monter le haut-parleur SP1460 dans un coffret Bass Reflex de douze litres. La fréquence de coupure basse passe alors à quelque 55 Hz (-3 dB) et permet ainsi de se dispenser d'un caisson supplémentaire. On peut utiliser le même filtre passif que pour la mini enceinte.

Revue de détails

Le coffret

Les plans 1 à 12 et la photo C, vous présentent les contours et les dimensions du petit caisson : 214 mm x 268 mm et 178 mm (l x H x P). Un rapide examen des plans permet de constater la simplicité de conception de cette « mini-boîte » : un simple cube. La charge étant de type clos, il n'y aura pas de panneau interne.

Cela donne un coffret simple, compact et très facile à construire.

Nous sommes fidèles au panneau de médium hydrofuge de 19 mm d'épaisseur qui nous donne entière satisfaction, mais le cas échéant, l'aggloméré hydrofuge fera aussi l'affaire.

Nous comblerons plus tard le volume interne derrière le moteur du 17 cm, par du matériau d'amortissement (laine de verre Isover Telstar), pour maîtriser les turbulences de l'onde arrière.

Pour des raisons d'esthétique et d'écoulement de l'air sur la face avant, toutes les arêtes ont été usinées en un quart de rond afin d'adoucir les angles. Sans outillage spécial (fraise 1/4 rond), cette opération pourra se faire manuellement, avec une râpe à bois. Sinon, laisser les arêtes vives, cela ne détruira pas les qualités intrinsèques de la « Coaxiale ».

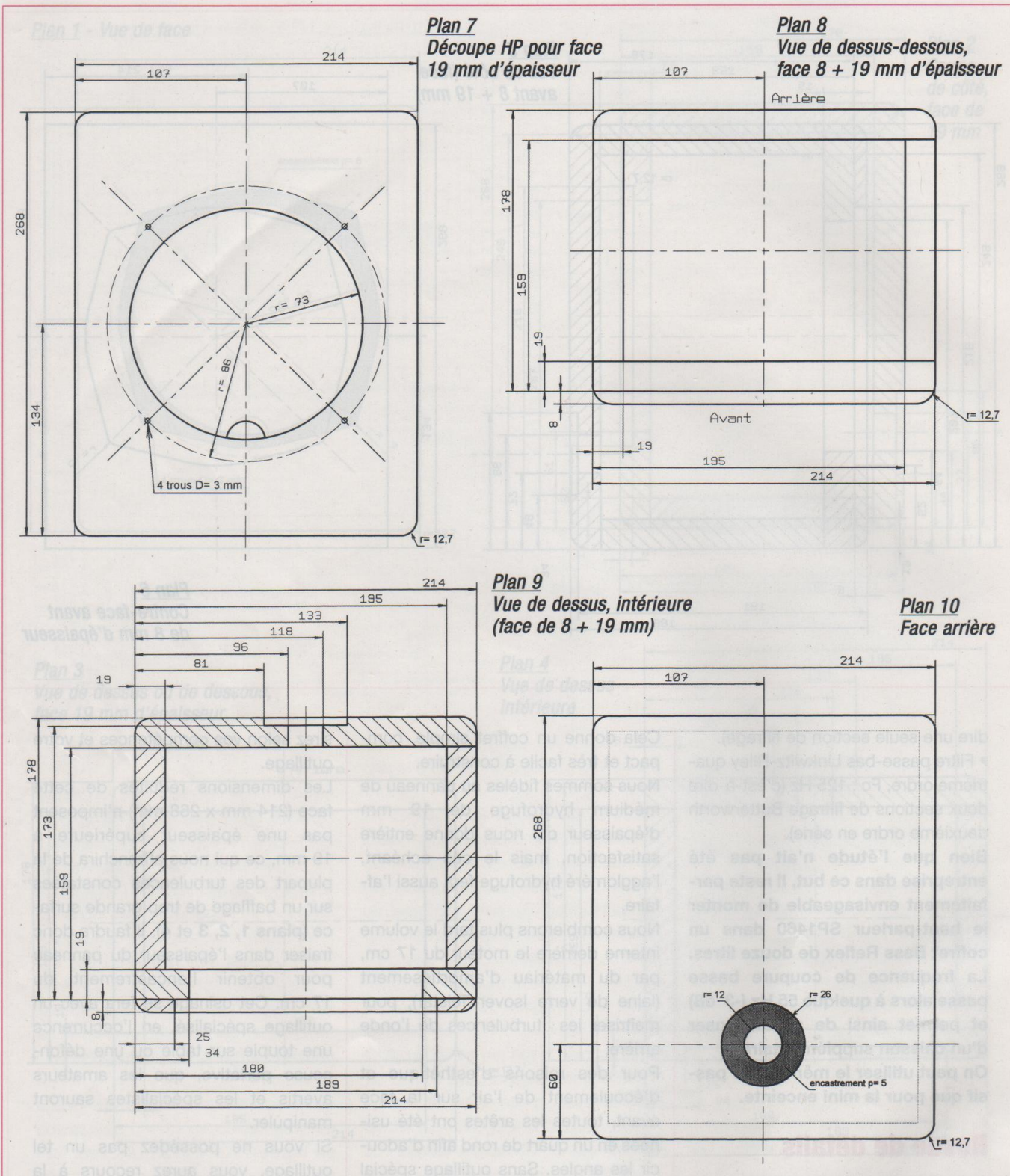
La face avant

Nous vous proposons deux options pour réaliser la face avant. Vous choi-

sirez selon vos compétences et votre outillage.

Les dimensions réduites de cette face (214 mm x 268 mm) n'imposent pas une épaisseur supérieure à 19 mm, ce qui nous affranchira de la plupart des turbulences constatées sur un bafflage de trop grande surface (plans 1, 2, 3 et 4). Il faudra donc fraiser dans l'épaisseur du panneau pour obtenir l'encastrement du 17 cm. Cet usinage se fera avec un outillage spécialisé, en l'occurrence une toupie sur table ou une défonceuse portable, que les amateurs avertis et les spécialistes sauront manipuler.

Si vous ne possédez pas un tel outillage, vous aurez recours à la seconde solution : le contre-collage de deux épaisseurs de panneaux (plans 5, 6, 7, 8 et 9), l'un de médium de 8 mm et l'autre en aggloméré ou médium hydrofuge de 19 mm. Le boomer-médium sera ainsi encasté dans le panneau de 8 mm d'épaisseur. Une scie sauteuse suffira pour pratiquer les découpes dans les panneaux de 8 et 19 mm.



La face arrière

Sur le panneau arrière (plans 2 et 4, **plan 10, photo C**), on retrouve l'usinage circulaire de 22 mm prévu pour le connecteur spécial haut-parleur et l'encastrement de sa platine. Concernant la platine de fixation, compte tenu de sa faible épaisseur, elle supportera de ne pas être encas-

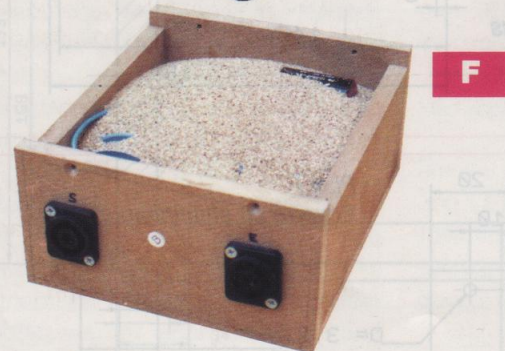
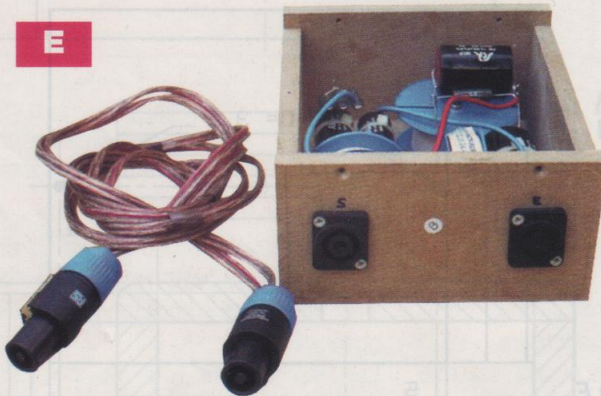
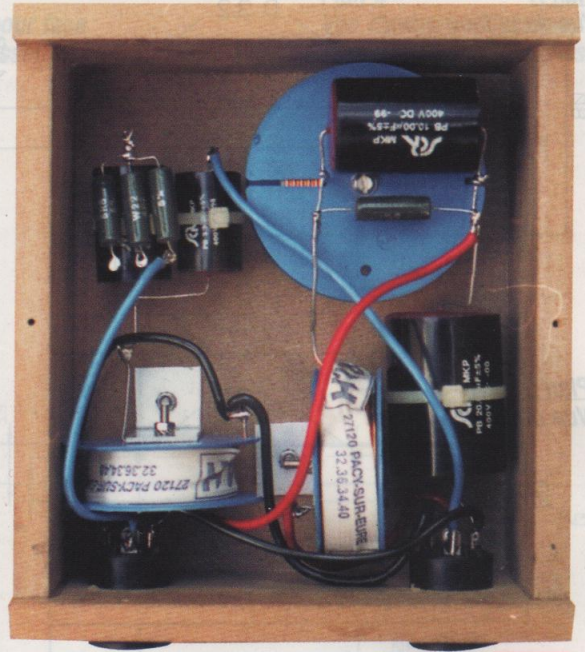
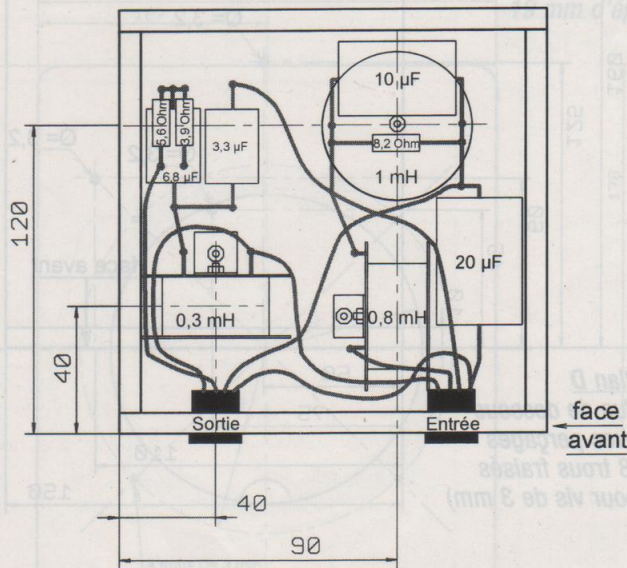
trée. Par conséquent, vous déciderez vous-même en fonction de votre équipement.

Le connecteur de raccordement

Désormais devenu un standard dans le domaine professionnel, le connecteur à quatre pôles Neutrik Speakon NL4 MPR à platine circulaire de

grand diamètre comporte quatre points de fixations et trouve sa place sur la face arrière, monté en applique ou en encastrement (photo C). Sur ce connecteur, viendront se souder quatre câbles qui raccorderont les deux composants du coaxial. Le même modèle équipera les coffrets des filtres passifs deux voies.

Plan G Implantation et câblage



Dimensions des débits pour deux caissons

Désignation	Dimensions	Quantités
Face avant	268 x 214 x 19	2
Côté gauche	268 x 140 x 19	2
Côté droit	268 x 140 x 19	2
Dessus	196 x 140 x 19	2
Dessous	196 x 140 x 19	2
Face arrière	268 x 214 x 19	2

Tableau 3
Débits des panneaux

Panneau pour un caisson avec face 19 + 8 mm

Désignation	Dimensions	Quantité
Contre face avant	268 x 214 x 8	1

Tableau 4
Contre face avant

Dimensions des débits du matériel anti-vibrateur

Désignation	Dimensions	Qtés
Face gauche interne	230 x 140	2
Face droite interne	230 x 140	2
Face dessus interne	140 x 172	2
Face dessous interne	140 x 172	2
Face arrière interne	226 x 172	2

Tableau 5
Débits du bitume en plaque de la marque RestAgraf

La construction des caissons

Tout d'abord, consulter les plans et photographies afin de bien comprendre la conception et effectuer ainsi le travail avec assurance. Penser et imaginer comment opérer et dans quel ordre. S'assurer de disposer de tous les éléments nécessaires à la fabrication : panneaux, visserie ou clous, sans oublier l'outillage.

Après avoir effectué les débits des panneaux, contrôler toutes les dimensions, cela évitera des surprises désagréables lors du montage. Suivant le modèle, calculer les débits à l'aide des **tableaux 3 et 4** figurant ci-dessus.

1. Face avant simple 19 mm

Effectuer les tracés en s'aidant des plans 1, 2, 3 et 4. Pratiquer les découpes à l'aide d'une scie sauteuse et les encastremets

avec une défonceuse.

Le tracé du 17 cm, directement au crayon et aux instruments, est assez délicat.

Voici une méthode plus simple : le saladier du 17 cm est rectifié et sa courbe est presque sans défaut. Poser ce haut-parleur sur le panneau à découper, le centrer parfaitement par rapport aux traits d'axes et avec un crayon finement taillé, tracer directement le pourtour, le tour est joué.

2. Option face avant 19 + 8 mm

Pour le tracé, même méthode que précédemment, mais cette fois sur les deux panneaux de 8 et 19 mm. Prendre les plans n° 5, 6, 7, 8 et 9. Effectuer les découpes avec une scie sauteuse uniquement.

Les lecteurs qui ne possèdent pas de scie sauteuse peuvent employer une autre méthode : à l'aide d'un foret de 5 ou 6 mm de diamètre, percer une multitude de trous les uns à côté des autres, en suivant le tracé, mais à l'intérieur de celui-ci.

Terminer de couper le bois entre chaque perçage avec une fine lame de scie.

Puis, finir les découpes avec une râpe ou une lime moyenne.

Enfin, ébavurer et lisser les bords avec du papier de verre, grain moyen de 100/120.

Face arrière portant le connecteur

Le panneau arrière reçoit le connecteur Neutrik. Les plans 2, 4, 5, 9 et 10 indiquent les tracés et les dimensions d'usinage.

On peut l'encastrer ou le poser en applique. Effectuer la découpe avec une mèche de 22 mm de diamètre et l'encastrement avec une défonceuse.

Conseils

Pour assembler les panneaux, deux méthodes sont possibles.

La première consiste à visser les panneaux entre eux à l'aide de vis VBA de 4 x 40 mm, têtes fraisées ou simplement avec des pointes sans tête de 2 x 40 mm.

Si vous avez choisi le médium, nous vous conseillons les pointes fines afin d'éviter un éclatement des panneaux dans la tranche. Compter deux vis ou pointes sur chaque côté de panneau. Pour les vis, prévoir de fraiser le panneau pour encastrer les têtes en profondeur. Percer des avant-trous de 3 mm de diamètre dans la tranche des panneaux. Ces trous seront remplis plus tard de mastic pour la finition. Il existe des fraises très pratiques effectuant le perçage et le fraisage en fin de course, en une seule fois.

Les opérations de débits tracés et usinage terminées, ébavurer tous les

panneaux avec du papier de verre de grain moyen de 100/120 sur les deux faces. Effectuer soigneusement un autre ponçage sur les champs et les parties planes qui s'assembleront par collage. C'est très important, car la surface des panneaux de CTBH ou de médium hydrofuge produit un genre de paraffine, qui empêche la colle de pénétrer à cœur.

Terminer par un bon coup d'aspirateur pour enlever la poussière. Insister sur les champs là où la sciure trouve refuge dans de nombreuses petites cavités.

Premier assemblage

En se référant aux différents plans concernés, prendre un panneau de côté (268 x 214 x 19 mm), le dessus puis le dessous (196 x 140 x 19 mm). Encoller les parties à coller et les assembler avec des vis ou des pointes.

Monter ensuite le deuxième panneau de côté (268 x 214 x 19 mm).

Continuer par la pose de la face arrière préalablement usinée (passage du connecteur vers le bas).

Terminer enfin par la face avant, après avoir effectué la découpe et l'encastrement du haut-parleur.

Si vous avez opté pour la face avant en deux épaisseurs, après avoir fixé le premier panneau (face avant de 19 mm), bien encoller toute la face avant. Puis, positionner le panneau de 8 mm d'épaisseur. Vérifier le centrage des deux découpes du 17 cm et fixer la contre-face avec quelques pointes sans tête.

Les lecteurs qui disposent de serre-joints auront intérêt à les utiliser afin de bien maintenir le montage pendant la période de séchage de la colle. Vérifier à nouveau l'équerrage et les alignements, puis laisser sécher quelques heures.

Si tous les collages sont corrects, un excédent de colle doit subsister sous la forme d'un cordon. Ne pas hésiter à combler un manque par un cordon de colle supplémentaire, surtout à l'intérieur de la boîte, car l'étanchéité doit être irréprochable.

Avec un chasse-pointes, enfoncer toutes les têtes des pointes d'au moins 1 mm. Si vous envisagez l'arondi en 1/4 de rond sur toutes les

arêtes, il faudra enfoncer les têtes de 5 mm au minimum afin d'éviter de casser la fraise.

Boucher toutes les têtes de vis et les trous avec du mastic synthétique à base de deux composantes (pâte époxy + durcisseur), comme le Sintofer. Le célèbre Sintofer est plus facile à travailler et à appliquer, car il accroche mieux sur la surface métallique des vis.

Attendre 24 heures, puis poncer le surplus de mastic avec du papier abrasif moyen et figoler avec du grain fin (200).

Poncer le caisson avec de l'abrasif 200 en feuille, pour obtenir une finition parfaite.

Le caisson est prêt pour la suite des événements.

Finition de l'ébénisterie

Chacun choisira selon ses désirs et ses compétences en la matière.

Placage, stratifié, peinture, le choix est vaste et sans limite.

Le traitement anti-vibratoire

Nous avons opté pour le bitume en plaque autocollante parce qu'il est disponible chez tous les accessoiristes automobiles et qu'il est très bon marché.

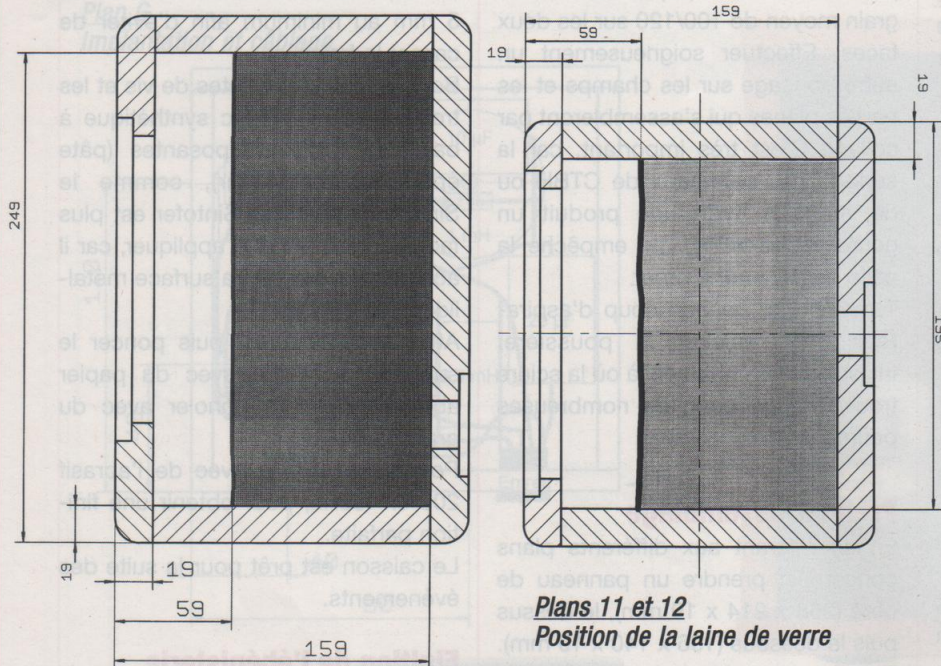
La découpe se fait avec un cutter. Le **tableau 5** indique les débits des plaques.

Commencer par introduire et coller le panneau du côté gauche. Continuer par le côté droit. Ensuite, coller le dessous et le dessus. Terminer par le panneau de la face arrière, sans oublier de dégager préalablement le trou de passage du connecteur Speakon.

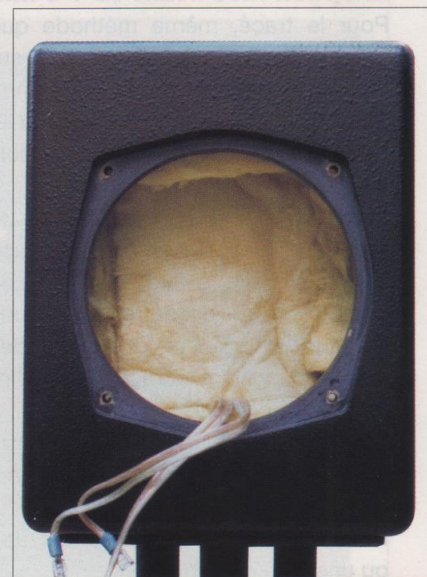
A l'aide d'un outil lourd, renforcer le collage en tapant sur toute la surface du bitume.

Câblage et finition des caissons

Le connecteur Neutrik-Speakon simplifie le raccordement du haut-parleur coaxial. Câbler l'embase Speakon à quatre broches avec du câble de bonne qualité, comme de l'O.F.C. (cuivre sans oxygène) ou du câble employé pour les cordons de mesures, d'au moins 1,5 mm² de section (du 2,5 mm² serait parfait).



Plans 11 et 12
Position de la laine de verre



G

Nomenclature des composants des filtres

Désignation	Références	Quantités
Self de 1mH	R.A.H. 1mH fil de 12/10e	2
Self de 0,8 mH	R.A.H. 0,8 mH fil de 12/10e	2
Self de 0,3 mH	R.A.H. 0,3 mH fil de 12/10e	2
Condensateur de 20 μ F	S.C.R. 20 μ F/400 V polypropilène	2
Condensateur de 10 μ F	S.C.R. 10 μ F/400 V polypropilène	2
Condensateur de 6,8 μ F	S.C.R. 6,8 μ F/400 V polypropilène	2
Condensateur de 3,3 μ F	S.C.R. 3,3 μ F/400 V polypropilène	2
Résistance de 3,9 Ω	Résistance bobinée de 3,9 Ω 6/8 W	2
Résistance de 5,6 Ω	Résistance bobinée de 5,6 Ω 6/8 W	2
Résistance de 8,2 Ω	Résistance bobinée de 8,2 Ω 6/8 W	2
Désignation	Références	Quantités
Connecteur embase	Embase Speakon Neutrik NLAMPR	6
Connecteur mâle	Fiche Speakon Neutrik NL4FC	6

Tableau 7 : Nomenclature des composants

Le haut-parleur coaxial XB171-8-1460 est distribué par HP Systèmes

35, rue Guy Môquet 75017 Paris
Tél. : 01 42 26 38 45
infos@hautparleursystemes.com

Dimensions des débits pour les boîtiers des filtres

Désignation	Dimensions	Quantités
Face avant	150 x 80 x 10	2
Face arrière	150 x 80 x 10	2
Côté droit	150 x 60 x 10	2
Côté gauche	150 x 60 x 10	2
Dessus	150 x 150 x 10	2
Dessous	150 x 150 x 10	2

Tableau 6 : Débits des panneaux

Nous observons la norme de raccordements standard suivante :

- Borne + (point rouge) boomer-médium à la borne 1+ du connecteur.
- Borne - du boomer-médium à la borne 1- du connecteur.
- Borne + (fil rouge) du tweeter à la borne 2+ du connecteur.
- Borne - (fil noir) du tweeter à la borne 2- du connecteur.

Pré-câblage du connecteur Speakon

Couper deux fils rouges, deux fils bleus et quatre fils noirs de 25 cm de longueur chacun. Dénuder chaque extrémité sur 5 mm de longueur.

Sur une des deux extrémités de chaque fil, sertir ou souder une cosse Faston qui est fournie dans le kit de chaque connecteur (quatre par sachet).

Aux autres extrémités, sertir ou souder une cosse Faston femelle de 6,35 mm (huit au total).

Prendre un fil noir et enficher la cosse Faston Speakon (petit modèle) sur la borne 1- du connecteur. Prendre un deuxième fil noir et enficher la cosse Faston Speakon (petit modèle) sur la borne 2- du connecteur.

Prendre un fil rouge et enficher la cosse Faston Speakon (petit modèle) sur la borne 1+ du connecteur.

Prendre un fil bleu et enficher la cosse Faston Speakon (petit modèle) sur la borne 2+ du connecteur.

Si le caisson est complètement achevé (décoration comprise), placer et fixer l'embase du connecteur Speakon sur le fond avec quatre vis Pozydriv de 3 x 15 mm à tête fraisée. Attraper les fils de chaque haut-par-

leur par la face avant et les sortir.

En observant les plans 11, 12 et la photo G, découper les deux coussins de laine de verre aux dimensions (230 x 175 x 100) et les placer à l'intérieur du volume du caisson.

Ne pas oublier d'ôter la feuille de papier kraft. Le matelas de matériau amortissant placé juste derrière le moteur du 17 cm brisera efficacement l'onde arrière.

Récupérer les fils de raccordements des haut-parleurs, puis placer le boomer-médium devant son logement.

Enficher les cosses Faston de 6,35 mm sur chaque connecteur mâle correspondant du haut-parleur (voir précédemment les règles de connexions).

Le repérage est aisé, sachant que la plaquette où se trouvent les deux fils

fins (rouge et noir) est celle du tweeter. La seconde (deux tresses en cuivre) est celle du 17 cm.

Pour terminer, placer le joint caoutchouc mousse fourni pour chaque haut-parleur PHL dans la gorge du châssis prévue à cet effet.

Vérifier attentivement le câblage et emboîter le haut-parleur dans son encastrement.

Avec quatre vis VBA de 4,5 mm x 30 mm x 30, à tête demi-ronde, fixer définitivement le 17 cm au caisson.

Pour la face avant en double panneaux (19 mm + 8 mm), l'utilisation de vis VBA ou auto taraudeuses mesurant 4,5 mm x 35 mm convient parfaitement.

En revanche, pour la face « simple panneau » (19 mm), il reste seulement 11 mm d'épaisseur de matière.

Dans ce cas, vous aurez intérêt à placer un écrou à griffes à l'intérieur et fixer le châssis avec quatre vis métaux de 4 mm de diamètre, mais toujours à tête bombée.

Boîtiers et filtres

Les filtres sont placés à l'intérieur de deux boîtiers (un pour chaque voie) en médium de 10 mm d'épaisseur.

Le **tableau 6** indique toutes les dimensions des débits des mini-panneaux.

Les plans A à F vous guideront efficacement pour l'assemblage.

Commencer par débiter les pièces puis réaliser les trous de 22 mm dans les deux faces avant.

Percer les passages des vis VBA qui fermeront les boîtiers et les fixations des composants, sur le fond.

Coller les pièces et les maintenir avec des pointes fines sans tête, afin d'éviter l'éclatement dans la tranche du matériau.

Laisser sécher les boîtes quelques heures.

Finir par un ponçage fin de toutes les faces.

Ces boîtes pourront être peintes en noir par exemple.

Implantation des composants

Les composants sont interconnectés en soudant directement entre elles les queues de chaque élément (photo D).

Respecter scrupuleusement la posi-

tion de chaque composant car elle a été optimisée pour obtenir le minimum de nuisances et de rayonnement magnétique.

Le plan G et la photo D faciliteront l'implantation des composants, leur câblage et les raccordements aux connecteurs Speakon situés en face avant.

Le **tableau 7** énumère la liste des composants des filtres.

Tous les éléments mécaniques, équerres et visserie, sont en métal amagnétique : aluminium ou laiton.

Une colonnette de 30 mm de hauteur fixe la self à plat (1 mH); l'autre bobine est fixée verticalement sur une équerre en aluminium (plans F); les condensateurs sont maintenus au fond du boîtier par des colliers sur embase plastique.

Une fois tous les composants électriques et mécaniques rassemblés, commencer le câblage des filtres dans l'ordre suivant :

- Monter les équerres sur les selfs de 0,8 mH et de 0,3 mH (avec des vis en laiton).
- Monter les colonnettes laiton de 30 mm de hauteur, sur la self de 1 mH.
- Fixer la self de 1 mH sur le fond du boîtier.
- Fixer les selfs verticales de 0,8 mH et 0,33 mH.
- Placer et fixer les embases plastiques ou colliers des condensateurs de 3,3 μ F, 6,8 μ F et 20 μ F.
- Positionner les condensateurs sur leurs emplacements respectifs et serrer les colliers « plastique » pour les maintenir solidement.

• Etamer les quatre cosses de chaque connecteur Speakon.

Les entrées se feront sur le connecteur de droite, le câblage sera le suivant :

- L'entrée du signal audio sur le filtre passe-bas se fera sur la borne 1+.
- L'entrée du 0 V sur le filtre passe-bas sur la borne 1-.
- L'entrée du signal audio sur le filtre passe-haut se fera sur la borne 2+.
- L'entrée du 0 V sur le filtre passe-haut sur la borne 2-.

Les sorties se feront sur le connecteur de gauche, dont le câblage sera le suivant :

- La sortie du signal de la cellule passe-bas se fera sur la borne 1+.
- La sortie du 0 V de la cellule passe-

bas se fera sur la borne 1-.

- La sortie du signal de la cellule passe-haut se fera sur la borne 2+.
- La sortie du 0 V de la cellule passe-haut se fera sur la borne 2-.

A l'aide du schéma de la figure 5, du plan G et de la photo D, câbler selon les instructions suivantes :

- Couper :
 - 6 fils noirs de 100 mm de longueur
 - 1 fil rouge de 140 mm de longueur
 - 1 fil rouge de 70 mm de longueur
 - 1 fil bleu de 140 mm de longueur
 - 1 fil bleu de 80 mm de longueur
- Dénuder toutes les extrémités des fils, sur 5 mm et les étamer.
- Prendre une embase Speakon, (elle sera montée à droite sur la face avant, entrées).
- Souder :
 - Sur la borne 1+, le fil rouge de 70 mm de longueur.
 - Sur la borne 1-, un fil noir de 100 mm de longueur.
 - Sur la borne 2+, le fil bleu de 140 mm de longueur.
 - Sur la borne 2-, un fil noir de 100 mm de longueur.
- Prendre une autre embase Speakon, qui sera montée à gauche sur la face avant (sorties).
- Souder :
 - Sur la borne 1+, le fil rouge de 140 mm de longueur.
 - Sur la borne 2+, le fil bleu de 80 mm de longueur.
 - Sur la borne 2-, le fil noir de 100 mm de longueur.

Répéter l'opération pour la deuxième paire d'embases.

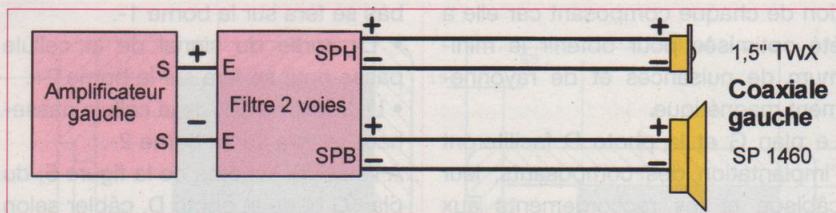
Placer l'embase de droite (entrées), contre la face avant (trou de 22 mm) en la positionnant à l'envers, c'est-à-dire que l'inscription Neutrik se lira à l'envers et se trouvera en haut.

Avec quatre vis VBA de 3 x 10 mm à tête fraisée, fixer l'embase à la face avant. Renouveler l'opération précédente pour l'embase de gauche.

Placer le boîtier avec les connecteurs devant vous.

Ajuster et souder la queue du condensateur de 20 μ F sur la borne 1- du connecteur d'entrée (droite).

Plier les deux queues du condensateur de 10 μ F (voir photo) et souder la résistance de 8,2 Ω sur celles-ci (par sécurité, faire une spire enroulée sur chaque queue).



Plan H : Bi-câblage voie de gauche (idem pour amplificateur voie de droite)

Cambreur verticalement les deux fils de la self de 1 mH et y souder le couple résistance-condensateur que vous venez d'assembler.

Souder l'autre queue du condensateur de 20 μ F, sur la queue droite de la self de 1 mH (à plat).

Souder la queue du fond de la self de 0,8 mH, sur la patte de gauche de la bobine de 1 mH (à plat).

Prendre le fil noir de la borne 1-entrée et le souder sur la borne 1- du connecteur de sortie. Couper la queue de la self de 0,8 mH pour qu'il reste environ 10 mm de longueur.

Prendre et souder le fil rouge venant du 1+ du connecteur d'entrée, sur la queue précédemment coupée de la bobine de 0,8 mH.

Prendre et souder le fil rouge venant du 1+ du connecteur de sortie, sur la queue de droite de la self de 1 mH, à l'intersection des 20 μ F/+ 8,2 Ω /10 μ F. Souder la queue de la capacité de 6,8 μ F (près de la self de 0,33 mH), sur la queue de gauche de cette même self.

Cambreur verticalement l'autre queue de la capacité de 6,8 μ F et y souder les résistances de 3,9 Ω et 5,6 Ω .

Faire un œillet avec les deux autres queues des résistances et couper l'excédent de fil.

Nota : sur les photos, on aperçoit trois résistances. C'était uniquement pour essayer trois points de réglages, mais cette troisième possibilité est inutile.

Prendre le fil bleu de 80 mm venant de la borne 2+ du connecteur de sortie et le souder sur un des œillets d'une des deux résistances (la 3,9 Ω ou la 5,6 Ω).

Cela dépend du choix du réglage des aigus.

Plier à 90° et souder la queue du condensateur de 3,3 μ F sur la self de 0,33 mH reliée à la capacité de 6,8 μ F. Faire un œillet sur l'autre patte du condensateur de 3,3 μ F et y souder le fil bleu de 140 mm de longueur

venant de la borne 2+ du connecteur d'entrée.

Faire un œillet avec la queue de droite (restée libre) de la self de 0,33 mH et y souder le fil noir de 100 mm venant de la borne 2- du connecteur d'entrée et l'autre fil noir venant de la borne 2- du connecteur de sortie.

Reprendre les mêmes opérations avec le deuxième boîtier.

Lorsque tout est câblé, contrôler toutes les connexions et soudures, à l'aide du schéma de principe de la figure 5, du plan G et des différentes photos du boîtier.

Si vous possédez un oscilloscope, un générateur de signaux sinusoïdaux et un ampli de puissance, vous pouvez à ce stade tester le bon fonctionnement des filtres.

Une fois les contrôles et les tests effectués, il ne reste plus qu'à confectionner les câbles de liaisons (photo E) entre les différents éléments ainsi créés.

C'est la fin...

Vous êtes presque arrivés au terme de vos efforts puisqu'il ne reste plus qu'à confectionner les câbles de liaisons enceintes-amplificateurs.

Il vous faut maintenant décider du type de liaisons à adopter : bi-câblage minimum ou bi-câblage intégral ? Le **plan H** vous éclaire sur le principe des raccordements.

Pour le **minimum**, les boîtiers des filtres se trouvent près des enceintes, avec un câblage direct mais long entre les amplificateurs et les filtres, par contre court entre filtres et enceintes.

Concernant l'**intégral**, les boîtiers sont près des amplis avec un raccordement court amplis-filtres et long pour la liaison filtres-enceintes.

C'est la seconde solution qui est la meilleure, car la séparation des masses est effectuée très tôt et surtout au plus près des amplificateurs.

Il reste donc à câbler les fiches mâles Speakon quatre pôles (quatre pièces) en respectant le standard de câblage cité précédemment.

Utiliser du câble de 2,5 mm² de section, de bonne qualité.

Pré-écoute

Si vous avez bien suivi nos instructions, votre système sera opérationnel dès la mise sous tension. Bien vérifier la mise en phase des haut-parleurs. Après quelques instants d'écoute de vos CD préférés, il conviendra de choisir quelle courbe de réponse des aigus paraît la mieux adaptée à votre local d'écoute et à « vos goûts sonores ». Pour cela, déplacer le fil bleu soudé tour à tour sur la résistance de 3,9 Ω ou la 5,6 Ω . Le choix établi, remplir les deux boîtiers de sable fin bien tassé (photo F) et fermer les couvercles avec six vis VBA de 3 x 20 mm.

Nous avons écouté et...

Nous avons été impressionnés par la dynamique de cette mini enceinte, son impression de large ouverture d'écoute.

En se déplaçant de part et d'autre d'un caisson, on ne constate pas de chute notable du signal sonore.

L'image sonore est cohérente, précise, sans coloration. Nous avons apprécié la définition des aigus retransmis par le tweeter coaxial.

On note une légère avancée des voix (médium) qui confère une présence agréable, sans exagération.

Seule, la « Coaxiale » manque évidemment d'un peu de grave. En écoute triphonique, associée à un caisson actif de grave central, elle révèle sans complexe, toutes ses qualités. L'accident à 9 kHz ne se remarque pas.

Avec cette étude, nous sommes heureux de constater qu'un bon haut-parleur coaxial apporte « la » solution concernant les petits volumes, en conservant la puissance et l'appellation haute-fidélité.

Comme d'accoutumée, nous limitons notre constat d'écoute pour ne pas influencer subjectivement les futurs auditeurs.

J-C GAERTNER & G. KOSSMANN

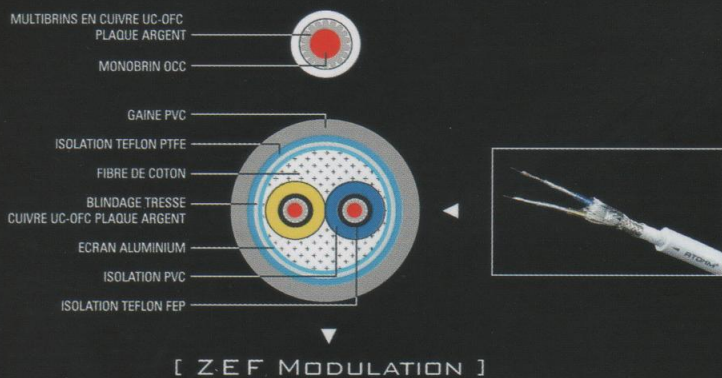
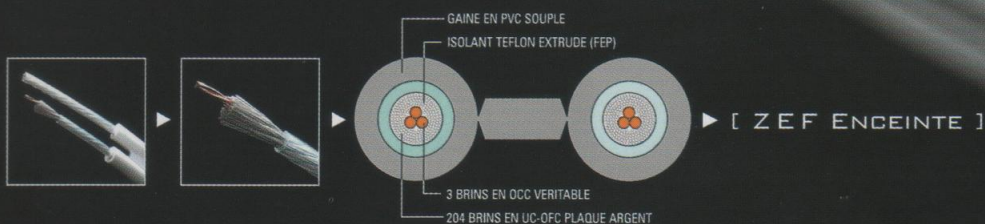
ATOHM®

NOTRE BUT ULTIME... VOUS FAIRE VIBRER...

Fidèle à sa philosophie haut de gamme et fort de son expérience, ATOHM a conçu un câble de modulation et un câble de liaison haut-parleur sans compromis.

Par leurs conceptions uniques et par le choix rigoureux des matériaux constitutifs, les câbles **ZEF Modulation** et **ZEF Enceinte** garantissent une parfaite transmission des signaux en préservant les plus infimes variations sans aucune altération ni ajout.

La lutte intransigeante menée à la conception contre toute forme de perturbations ainsi que l'utilisation exclusive de matériaux idéaux permettent au **ZEF Modulation** et **ZEF Enceinte** d'offrir une très large bande passante, une neutralité exemplaire ainsi qu'une absolue précision.



ENCEINTES, HAUT-PARLEURS & KITS DE PRESTIGE
CRÉATION THIERRY COMTE - FABRICATION WELCOHM TECHNOLOGY
28 CHEMIN DE PALENTE • 25000 BESANÇON (FRANCE)
TÉL. : 03 81 47 91 01 • FAX : 03 81 47 90 53

"Le Zef Enceinte procure une même énergie à tout le spectre et en articule les registres avec la même netteté. Voici une grande bouffée d'air frais à savourer sans risque de rhume."

Philippe Venturini / LE MONDE DE LA MUSIQUE

"Le Zef Modulation laisse respirer la musique et jamais ne l'alourdit. Il laisse entendre le moindre détail sans pour autant geler l'atmosphère."

Philippe Venturini / LE MONDE DE LA MUSIQUE

"Les câbles ATOHM savent véhiculer l'émotion et la vivacité de la musique enregistrée... Ils sont capables de démêler l'écheveau de plusieurs mélodies enchevêtrées avec une très grande lisibilité."

Laurent Thorin / HAUTE FIDELITE

Nouveauté : ZEF Mini
pour le câblage interne des enceintes.



WWW.ATOHM.COM

Quoi de Neuf chez Selectronic ...

La révolution numérique **AUDIOPHILE** est en marche... avec

Selectronic
L'UNIVERS ELECTRONIQUE

DCX-2496: Ce processeur numérique remarquable combine 2 éléments essentiels:



- 1 DAC exceptionnel
- 1 processeur numérique 2 x 3 voies permettant de gérer tous les paramètres de vos enceintes...

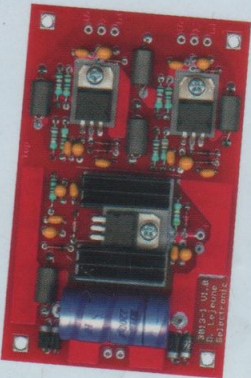
La partie audio analogique du DCX ayant été négligée par les ingénieurs de BEHRINGER, nous avons développé une série de kits permettant de transformer votre DCX en véritable PROCESSEUR NUMÉRIQUE AUDIOPHILE.

Tous renseignements sur : www.dcx2496.fr

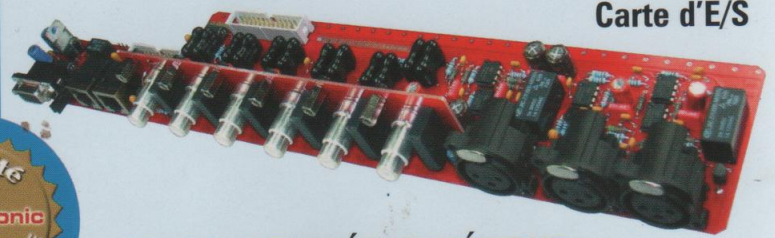
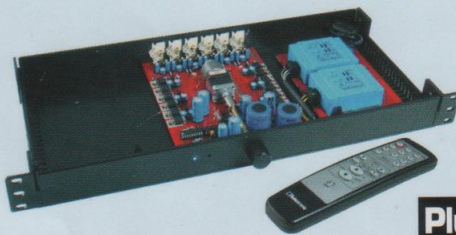
→ Les **Kits**
d'optimisation du **DCX2496**

Selectronic
L'UNIVERS ELECTRONIQUE

Carte alimentation à ultra faible bruit



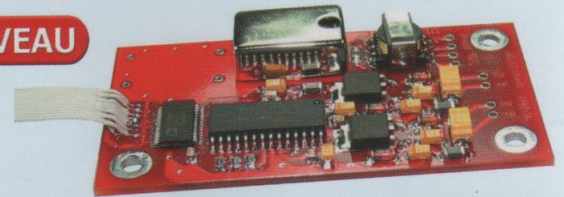
Commande de volume 6 voies



Carte d'E/S

Module d'ENTRÉE NUMÉRIQUE
+ horloge ultra low jitter

NOUVEAU



Plus d'Infos sur : www.selectronic.fr/dcx2496.asp

HAUT-PARLEURS

Fostex

- Haut-parleurs HI-FI large-bande et pour système multi-voies
- Précision et qualité japonaise



Toute la gamme **en stock**

GRANDMOS



Allez **les écouter**
à **PARIS** chez
Premier Audio
Contact : **Michel PETIT**
Tel.: **01.56.24.10.92**

Amplificateur
2 x 50W / 8 ohms
en **classe D**

ProFet UHT



NOUVEAU

Avec cet ampli, vous n'avez jamais
entendu vos CD comme cela auparavant...
L'amplificateur **des vrais AUDIOPHILES**
qui ont du discernement !

Plus d'information sur : www.profet.fr

Bancs d'essai du ProFet UHT

...À tous points de vue, c'est une belle réussite.
...Un vrai régal !

HAUTE FIDÉLITÉ - Mars 2008

Le ProFet UHT se démarque par une transparence,
une netteté...une vraie haute définition sonore...
Un rapport agrément d'écoute / prix imbattable !

STÉRÉO & IMAGE - Mai 2008



Selectronic
L'UNIVERS ELECTRONIQUE

Selectronic
L'UNIVERS ELECTRONIQUE

B.P 10050 59891 LILLE Cedex 9
Tél. **0 328 550 328** - Fax : 0 328 550 329
www.selectronic.fr



Catalogue Général 2008

Envoi contre 10 timbres-poste
au tarif "lettre" en vigueur
ou 6,00€ en chèque

NOS MAGASINS :

PARIS : 11 Place de la Nation
75011 (Métro Nation)
Tél. 01.55.25.88.00
Fax : 01.55.25.88.01

LILLE (Ronchin) :
ZAC de l'Orée du Golf
16, rue Jules Verne 59790
RONCHIN



Conditions générales de vente : Règlement à la commande : frais de port et d'emballage 6,00€, FRANCO à partir de 130,00€. Contre-remboursement : +10,00€. Livraison par transporteur : supplément de port de 15,00€. **Tous nos prix sont TTC.**