

# Lead

CAMÉRA CCD D'INSTRUMENTATION

AMPLIFICATEUR TRIPHONIQUE 3 x 75 Weff

LE 300B : UN AMPLIFICATEUR DE 2 x 9 Weff

PURE CLASSE A SANS CONTRE-RÉACTION

UN CAPACIMÈTRE PROFESSIONNEL

UN CAISSON D'EXTRÊME GRAVE DE 75 L

## 300B

### LA REINE DES TRIODES



M 1226 - 152 - 28,00 F - RD



# UNE ÉCOUTE SUBLIME

# ST QUENTIN RADIO

Prix Toutes Taxes Comprises 20,6%

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

Prix donnés à titre indicatif

## TRANSISTORS ET CIRCUITS INTÉGRÉS

AD 818AN	28F	MPSA 56	2F
AD 826AN	48F	MPSA 42	2F
IRF 150	69F	MPSA 92	2F
IRFP 150	44F	NE 5532AN	10F
IRF 530	12F	NE 5534AN	10F
IRF 540	15F	OP 22HP	45F
IRF 840	18F	OP 77GP	19F
IRF 9530	15F	OPA 604	22F
IRFP 240	32F	OPA 627	139F
IRFP 350	38F	OPA 2604	30F
LF 356N	6F	SSM 2017	30F
LM 317T	5F	SSM 2018	44F
LM 317K	20F	SSM 2110	67F
LM 317HVK	63F	SSM 2120	73F
LM 337T	8F	SSM 2131	30F
LM 344H	-	SSM 2139	45F
HA2 2645 5	20F	SSM 2141	30F
LM 395T	67F	SSM 2142	43F
LM 675T	46F	SSM 2210	35F
LT 1028	60F	SSM 2220	40F
LM 3886	61F	SSM 2402	57F
MAT 02FH	89F	SSM 2404	49F
MAX 03FH	89F	TDA 1514A	39F
MAX 038	148F	TDA 1557	42F
MJ 15001	21F	TDA 2050	30F
MJ 15002	23F	TDA 7294	65F
MJ 15003	22F	2N 3055	11F
MJ 15004	23F	2N 3440	7F
MJ 15024	33F	2N 3904	2F
MJ 15025	33F	2N 3906	2F
MJE 340	5F	2N 5401	3F
MJE 350	5F	2N 5416	6,50F
MPSA 06	2F	2N 5551	3F

## Potentiomètre Professionnel ALPS

**Prix en baisse**



**75Fttc**  
double logarithmique

AUDIO PROFESSIONNEL, 2x10K, 2x20K, 2x50K, 2x100K

## POTENT. SFERNICE PE 30

Piste Cermet, dissip. max 3W/70°C, axe métal 40mm, cosses à souder. MONO LINEAIRE

470 ohms, 1K, 2K2, 4K7, 10K, 22K, 47K, 100K, 220K ..... 75F

## POTENT. SFERNICE P11

Piste CERMET 1 Watt/70°C, axe long métal 50mm, pour Circuit Impr MONO LINEAIRE : 470 ohms, 1K, 2K2, 4K7, 10K, 22K, 47K, 100K, 220K, 470K, 1M ..... 32F

MONO LOG. : 470 ohms, 1K, 2K2, 4K7, 10K, 22K, 47K, 100K, 220K, 470K, 1M ..... 36F

STÉRÉO LINEAIRE : 2x2K2, 2x4K7, 2x10K, 2x22K, 2x47K, 2x100K, 2x220K, 2x470K, 2X1M ..... 52F

STÉRÉO LOG. : 2x2K2, 2x4K7, 2x10K, 2x22K, 2x47K, 2x100K, 2x220K, 2x470K ..... 64F



## Transformateurs pour tubes

Transformateurs fabriqués par M Chrétien, un grand Monsieur des transfos.!

Série 8020 / LED N°130  
ALIMENTATION : 220V/230V (2,8 Kg) ..... 375F  
SORTIE HP : 8000 ohms (2 Kg) ..... 455F

Série 4004 / LED n° 136/137  
ALIMENTATION : 220V/230V (4 Kg) ..... 505F  
SORTIE HP : 4000 ohms (3 Kg) ..... 555F

Série 2005 / LED N° 139  
ALIMENTATION : 220/230V (2,8 Kg) ..... 365F  
SORTIE HP : 5000 ohms (1,1 Kg) ..... 265F

Série 1250 / LED N° 140  
ALIMENTATION : 220/230V (4,6Kg) ..... 555F  
SORTIE HP : 1250 ohms (2,4 Kg) ..... 465F

Série 5008 "OCTUOR" / LED N° 143  
ALIMENTATION : 220/230V (5Kg env) ..... 595F  
SORTIE HP : 2000 ohms ..... 725F

Série 5008A "OCTUOR" classe A / LED N°145  
ALIMENTATION : 220/230V ..... 595F  
SORTIE HP : 625 ohms ..... 750F

Série "LE CLASSIQUE" pour LED N°146  
ALIMENTATION : 220/230V ..... 675F  
SORTIE HP : 6400 ohms ..... 725F  
Self 10H/400mA ..... 380F

Alimentation préampli à tube PRO01  
220/230V - 2X300V + 2x6,3V (1,5Kg) ..... 375F

Série PUSH 925 / LED N°151  
ALIMENTATION : 220/230V (5Kg env) ..... 595F  
SORTIE HP Bohms ..... 585F

Alimentation HT/ préampli à tube LED n°147  
220V/230V - 2x220V - 2x6,3V, 0,74Kg ..... 520F  
Double C. Fabricant ACEA.

Alimentation HT/ préampli à tube LED n°149  
220V/230V - 2x220V - 2x6,3V, 1Kg ..... 520F  
Fabricant ACEA.

## COFFRETS ALU. Série TM HIFI, noir

55275	L:275, P:150, H:55mm	175F
55360	L:360, P:150, H:55mm	188F
80275	L:275, P:150, H:80mm	155F
80360	L:360, P:150, H:80mm	205F



EXPÉDITION COLISSIMO ENTREPRISE (\*) UNIQUEMENT : mini 100F de matériel. Tarifs postaux Ile de France (75,77,78,91,92,93,94,95) : 0-250g = 20F; 250g-2Kg = 28F, 2Kg-5Kg = 48F, 5Kg-10Kg = 58F, 10Kg-15Kg = 88F, 15Kg-20Kg = 108F. Autre dép. France Métropole : 0-250g = 28F; 250g-2Kg = 38F, 2Kg-5Kg = 58F, 5Kg-10Kg = 72F, 10Kg-15Kg = 98F, 15Kg-20Kg = 128F. DDM-TOM et étranger nous consulter. Paiement : chèque, mandat, carte bleue. (\*) comme un recommandé.

## CÂBLE AUDIO PROFESSIONNEL

GOTHAM (Suisse)	(le mètre)
GAC 1 : 1 cond blindé ø 5,3mm, R. ou noir	13F
GAC 2 : 2 cond. blindés ø 5,4mm	13F
GAC 2 mini : 2 cond blindés ø 2,2mm	5F
GAC 2 AES/EBU (pour son digital)	36F
GAC 3 : 3 cond. blindés ø 4,8mm	16F
GAC 4 : 4 cond. blindés ø 5,4mm	18F
MOGAMI (Japon)	(le mètre)
2534 : 4 cond. (sym) blindés ø 6mm	20F
2792 : 2 cond. blindés ø 6mm (+ gain carb)	12F
2582 : 2 cond. blindés ø 6mm	12F

CÂBLE Nèglex pour Haut-parleur MOGAMI	(le mètre)
2972 : 4 cond. de 2mm², ø 10mm	46F
2921 : 4 cond. de 2,5mm², ø 11,5mm	46F
3082 : 2 cond. de 2mm², ø 6,5mm (pour XLR)	20F

CONDENSATEUR POLYPROPYLENE			
4,7nF/630V axial	4F50	47nF/630V axial	9F50
10nF/630V axial	5F	100nF/630V axial	8F
22nF/630V axial	6F	220nF/630V axial	13F
33nF/630V axial	7F	470nF/630V axial	23F50

## FICHES PROF. NEUTRIK

Fiches JACK PRO.	
Mono mâle 6,35mm	25F
Mono mâle coudé 6,35mm	25F
Stereo mâle 6,35mm	32F
Stereo mâle coudé 6,35mm	55F
Stereo femelle prolongateur	55F

Fiches RCA PRO.	
Doré, téflon, grâce à un système de ressort, la masse est connectée en premier	117F la paire

## TUBES

ECC 81	70F	EZ 81	89F	Support NOVAL	
ECC 82	60F	KT88 x2	550F	Circuit imprimé	
ECC 83	60F			Ø 22mm	22F
ECL 86	75F			Ø 25mm	22F
EL 34	135F			NOVAL blindé	30F
EL 84 SOVTEK		Support OCTAL			
L'unité	65F	avec cosses			
les 10	450F	Ø 30mm			30F

## APPL. CAMÉRA CCD

EL 7242C	63F
AD 823	38F
LM4040	79F

Capteur CCD  
TC255 ..... 440F

FICHES WBT

Prises RCA  
WBT-0108 ..... 195F  
connecteur RCA Topline  
Câble de 9mm Ø. Version à visser

WBT-0101 ..... 165F  
Idem WBT-0108. Version à souder

WBT-0144 ..... 90F  
Idem WBT-0101. Version Midline

WBT-0150 ..... 195F  
Connecteur RCA topline  
Câble de 11,3mm Ø

WBT-0147 ..... 90F  
Idem WBT-0101. Version mini Midline. Câble jusqu'à 7,8mmØ

WBT-0125 ..... 145F  
Connecteur RCA topline.  
Montage CCS

WBT-0145 ..... 105F  
Idem WBT-0125. version midline

Alimentation HT/ préampli à tube LED n°147  
220V/230V - 2x220V - 2x6,3V, 0,74Kg ..... 520F  
Double C. Fabricant ACEA.

Alimentation HT/ préampli à tube LED n°149  
220V/230V - 2x220V - 2x6,3V, 1Kg ..... 520F  
Fabricant ACEA.

## FICHES PRO. XLR NEUTRIK

	Prolongateur Male		Prolongateur femelle		Chassis mâle fem.	
	droit	coudé	droit	Coudé	mâle	fem.
3 br	30F	49F	35F	55F	30F	35F
3br noire	32F	--	36F	--	--	--
4 br	35F	55F	45F	68F	45F	48F
5 br	51F	--	61F	--	45F	65F
6 br	65F	--	70F	--	--	95F
7 br	75F	--	80F	--	--	--

CONDENSATEUR DÉMARRAGE MOTEUR

8µF/400V (35x60mm) (Diam x hauteur)	50F
10µF/400V (35x78mm)	55F
16µF/400V (35x98mm)	60F
20µF/400V (35x98mm)	70F
30µF/400V (40x98mm)	90F

CONDENSATEURS WIMA

0,1µF/250V radial polypro	4F50
0,22µF/250V radial polypro	6F00
1µF/100V radial polycarbonate	10F

CONDENS. CLASSE X2  
Condens. MKT classe X2 (pour filtre antiparasites secteur), 250 AC. Radial.  
0,22µF-7F | 0,33µF-8F | 0,47µF-9F | 0,1µF-6F | 47nF-5F | 22nF-4F

CÂBLE HP CULLMANN	(le mètre)
2x0,75mm², transparent, 1 <sup>er</sup> âme: fils de cuivre clairs, 2 <sup>e</sup> âme: fils de cuivre étamés, construction d'âme: 2x24x0,20Cu clair.	
Diam: 5,0x2,5mm. Isolation PVC	8F
2x1,5mm², transparent, construction d'âme: 2x38x5x0,07 OF Cu clair. Diam: 8,0x2,5mm. Isolation PVC	16F
2x4,0mm², transparent, construction d'âme: 2x104x0,07 OF Cu clair. Diam: 4,0x12,5mm. Isolation PVC	48F
2x2,5mm², transparent, construction d'âme: 2x128x0,05 OF Cu argenté. Diam: 10,50x3,6mm. Isolation PVC	45F
CÂBLE BF HAUT DE GAMME CULLMANN	
2x0,57mm, avec marquage aubergine, construction d'âme: 2x73x0,10LC OFC, isolation: PE+PC-OCC, LC-OFC, diam ext: 2x5,0mm	26F
0,62mm, violet, construction d'âme: 80x0,10LC OFC, isolation: PE+ feuille d'aluminium + LC OFC + PVC, diam ext: 8,0mm	28F
Audio SPEED Signal, blindé double isolation, 1X0,38"	30F

## FICHES RCA PRO

Fiches RCA Professionnelles dorées.	
Mâle, à blocage sur femelle, pour câble de 8mm, rouge ou noir	48F la pièce
Mâle, téflon, doré, rouge ou noir, pour câble de 5,6mm max	25F la pièce
Idem ci-dessus, pour câble de 8mm max	28F la pièce
Femelle, téflon, doré, rouge ou noir, pour câble de 5,6mm max	28F la pièce
Chassis doré, avec bague d'isolement, rouge ou noir	23F la pièce
Chassis doré, téflon, avec bague d'isolement, rouge ou noir	32F la pièce

## FICHES HAUT-PARLEURS DORÉES

Cosses à fourche	Fiches bananes ø 4mm
Pour fiche banane ou pour câble, rouge ou noir	Pour fiche banane ou ø 4mm câble, rouge ou noir.
26F la pièce	15F la pièce
Fiches Haut-parleur chassis dorées isolées	
Pour fiche banane ou pour câble diam 5mm. A vis courte, en rouge ou noir	28F la pièce
Idem ci-dessus mais vis longue	36F la pièce

## ISISLITE & ARESLITE

Logiciel de conception de schémas et de circuits imprimés, sous Windows 3.1 et Win 95. Config. mini : 4860X2-66, 8Mb RAM, 10Mb HDD.

ISISLITE : saisie de schéma. Versions sans limitation de composants. Interface Windows, taille schéma de A4 à A0, copie/coller Windows vers d'autres applications, contrôle total d'un fil, style et couleur, points de jonction rond, carré ou losange, accès aux polices True Type de Windows, placement automatique de fils et points et jonction, dessin 2D avec Librairie de Symboles (ex: cartouche), librairie de composants standards, création de composants sur le schéma, affichage haute résolution avec les drivers d'affichage, sortie image, presse-papier ou imprimante Windows, créer, im primer noir et blanc ou couleurs, possibilité d'extension vers les versions professionnelles avec ou sans simulation SPICE.

ARESLITE : dessin de circuits imprimés. Taille maxi : 80x80cm, routeur manuel et automatique de 1 à 16 couches, contrôle des règles d'isolement électriques et physiques (DRC), éditeur graphique de nouveaux composants, composants standards et CMS, librairies extensibles, dessin 2D avec librairie de symboles (logo société), impression rapide noir et blanc ou couleurs, rotation des composants par pas de 0,1°, couper/ coller vers applications Windows (Word), fonction délaire (Undo). Création de chevelu, possibilités d'extensions vers les versions professionnelles avec super routeur remise en cause.

Les 2 logiciels 600F ttc

## CONDENSATEURS DIVERS

2,2µF/400V WIMA MKS	22F
2,7µF/250V MKP	18F
4,7µF/250V MKT	18F
10µF/400V Polypropylène	135F
1500 µF/ 400V CO 39 (51x105mm)	188F
2200µF/385V RIFA	365F
47000µF/16V AEROVOX (5 picots)	150F

## CONDENS. CLASSE X2

Condens. MKT classe X2 (pour filtre antiparasites secteur), 250 AC. Radial.  
0,22µF-7F | 0,33µF-8F | 0,47µF-9F | 0,1µF-6F | 47nF-5F | 22nF-4F

Horaires d'ouverture : du lundi au vendredi de 9h30 à 12h30 et de 14h à 19h. Le samedi de 9h30 à 12h30 et de 14h à 18h30. Fermé le samedi en juillet et août.

LOISIRS ELECTRONIQUES D'AUJOURD'HUI  
N° 152

# Led

**Société éditrice :**  
Editions Périodes  
Siège social :  
5 bd Ney, 75018 Paris

SARL au capital de 51 000 F  
Directeur de la publication  
Bernard Duval

## LED

Mensuel : 28 F  
Commission paritaire : 64949  
Locataire-gérant des Editions  
Fréquences

Tous droits de reproduction réservés  
textes et photos pour tous pays.  
LED est une marque déposée  
ISSN 0753-7409

## Services :

**Rédaction - Abonnements :**  
01 44 65 80 88 poste 7314  
5 bd Ney, 75018 Paris  
(Ouvert de 9 h à 12h30 et de  
13h30 à 18 h - Vendredi : 17 h)

## Ont collaboré à ce numéro :

Bernard Dalstein  
Bernard Duval  
Christian Eckenspieller  
Georges Lavertu  
Gabriel Kossmann

## Abonnements

6 numéros par an :  
France : 125 F  
Etranger : 175 F  
(Ajouter 50 F pour les  
expéditions par avion)

## Publicité :

Henri Mézerette, poste 7060

## Réalisation

- PV Editions  
Frédéric Vainqueur

## Secrétaire de rédaction :

Fernanda Goncalves

## Photos :

Antonio Delfin

## Impression

Berger Levraut - Toul

## 4

### KITTY 255

#### CAMÉRA CCD D'INSTRUMENTATION. RÉALISATION DE LA TÊTE DE CAMÉRA

Nous aborderons plus particulièrement avec cette troisième partie, certains aspects de la mise en boîtier d'une caméra destinée à être refroidie, afin d'accéder à des temps de pose plus longs.

## 12

#### CHAÎNE TRIPHONIQUE DE 3 X 75 Weff ÉLECTRONIQUE ET ACOUSTIQUE POUR SONO OU ÉCOUTE HI-FI

La description de l'électronique de cette réalisation s'achève avec les 3 cartes amplificatrices, chacune d'elles pouvant délivrer une puissance de 75 Weff dans d'excellentes conditions.

Nous verrons également les interconnexions des modules et la mise en coffret.

## 22

#### CAPACIMÈTRE 20 000 POINTS (2<sup>ème</sup> partie)

Après avoir décrit « en profondeur » dans le n°151 le principe de fonctionnement du capacimètre 20 000 points, nous avons commencé la réalisation par les cartes « Numérique » et « Afficheurs ».

Nous allons terminer ce projet en câblant les cartes « Analogique », « Entrée » et « Gammes », puis nous passerons aux réglages.

## 21

### Service circuits imprimés + bulletin d'Abonnement

#### SERVICE CIRCUITS IMPRIMÉS

Il permet aux lecteurs d'obtenir des circuits imprimés en verre époxy, avec cuivre étamé, en versions percées ou non percées (une remise de 25 % est consentie aux abonnés).

Les gravures se faisant à réception de commande, les circuits imprimés des précédents numéros sont donc toujours disponibles.

#### DROITS D'AUTEUR

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

## 28

#### UN CAISSON D'EXTRÊME GRAVE

C'est en 1993 que nous vous avons présenté l'enceinte EURIDIA (Led numéros 114 et 115). Cette dernière a remporté un franc succès. Ses qualités techniques et acoustiques intrinsèques ont séduit de nombreux amateurs et de nombreux professionnels.

Outre-atlantique, EURIDIA est aussi à l'honneur. Fabriquée et commercialisée sous licence au Canada, elle fait le bonheur de nos cousins audiophiles d'Amérique du nord.

Il fallait un caisson de grave à la hauteur pour compléter l'enceinte deux voies EURIDIA. Faire une boîte qui fait « boom-boom » est à la portée de tout le monde. En revanche, nous estimons qu'une publication se doit d'apporter nouveauté et surprise. Le moment est venu d'en parler et de vous dévoiler cette réalisation exceptionnelle.

## 38

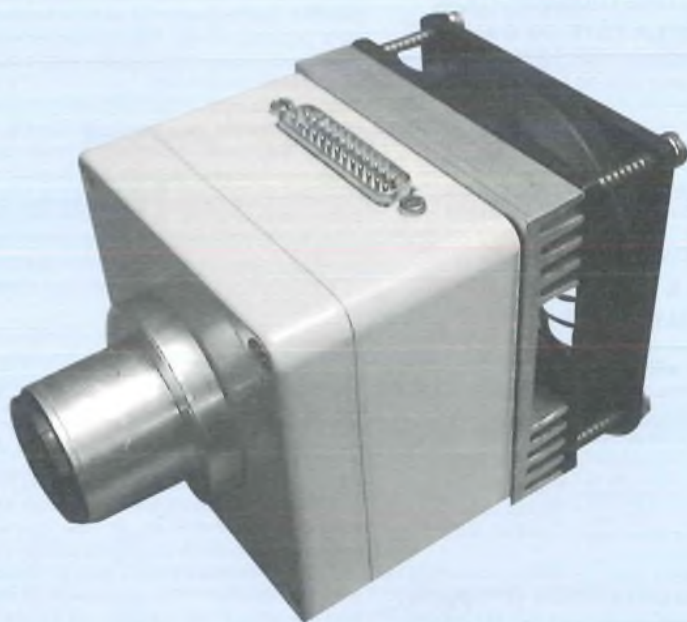
#### LA TRIODE 300B. AMPLIFICATEUR DE 2 x 9 Weff EN PURE CLASSE A SANS CONTRE-RÉACTION

La 300B est un tube triode à chauffage direct, de grande dissipation anodique et de très bonne linéarité. Son origine est américaine et remonte aux années 30 où elle fut produite par Western Electric sous la référence WE300B. Il s'agit véritablement d'une triode exceptionnelle, d'où le surnom de « Reine des triodes » qui lui est donné par les Audiophiles.

Nous vous proposons de réaliser un appareil aux qualités exceptionnelles que bon nombre de lecteurs attendent depuis plus d'un an. Nous l'avons « bichonné » pour que la 300B puisse donner le meilleur d'elle-même dans le registre médium/aigu mais également dans le grave.

## KITTY 255 : CAMÉRA CCD D'INSTRUMENTATION RÉALISATION DE LA TÊTE DE CAMÉRA

Nous aborderons plus particulièrement avec cette troisième partie, certains aspects de la mise en boîtier d'une caméra destinée à être refroidie, afin d'accéder à des temps de pose plus longs.



### MISE EN BOÎTIER DE LA PLATINE CCD EN VERSION REFROIDIE

Le montage de la partie mécanique est indiqué en **figure 15a**. Cette fois, il y a 4 perçages à prévoir sur le boîtier, indiqués sur l'illustration de la **figure 13** (Led n°151) :

- passage du connecteur Sub25D,
- fenêtre optique sur le couvercle,
- logement du module Peltier,
- passage des câbles du ventilateur.

Il faut commencer par monter le dissipateur sur le fond du boîtier en les séparant avec une rondelle de nylon. En effet, on doit éviter que l'échauffement (même léger) du dissipateur ne soit transmis au boîtier. Pour éviter de souffrir inutilement

au montage, il est conseillé de coller préalablement les rondelles de nylon au fond du boîtier.

Ensuite, avant de fixer le dissipateur en alu, il faut placer un cordon de mastic silicone d'épaisseur 1 mm environ sur le fond du boîtier, autour de l'ouverture du module Peltier (ce type de joint existe en tubes de 100 ml). Veillez à vous écarter de cette ouverture de 1 cm, et à éviter les sur-épaisseurs : il ne faut surtout pas que le joint puisse pénétrer dans la zone réservée au module Peltier au moment de l'assemblage. Puisque les vis de fixation sont isolées du volume intérieur (un logement spécial, qui n'a pas été représenté pour ne pas surcharger l'illustration, est prévu dans le boîtier), on pourra utiliser des vis métalliques pour assurer une bonne rigidité à l'ensemble. Ensuite,

on met en place le module Peltier de 30W (30x30mm) doté d'une très fine couche de graisse aux silicones (dont la stabilité chimique et thermique est assurée entre -40° et 200°), puis le doigt de refroidissement. Ce dernier doit être fixé au dissipateur avec une visserie en nylon. Vous avez sans doute déjà compris qu'il faudra réaliser 8 taraudages de 3 mm dans le dissipateur thermique en aluminium. L'achat d'un jeu de tarauds représente un très faible investissement par rapport aux services qu'il peut rendre !

Le capteur CCD sera solidaire du doigt de refroidissement grâce à deux vis dotées d'une entretoise en nylon et d'une bride (par exemple, une petite plaque en époxy percée d'un trou). Le maintien du CCD contre la surface métallique lui assurera du même coup un positionnement parfait le long de l'axe optique.

Le guidage du circuit imprimé sera assuré à partir des deux tiges filetées mises en place comme indiqué précédemment. Cependant, puisque le capteur CCD est maintenu par le doigt caloripporteur, il est recommandé d'ajuster la hauteur du circuit imprimé avec un montage «souple» utilisant deux ressorts, des rondelles en nylon pour l'isolation électrique et deux écrous de 4 mm (**figure 15b**). Enfin, le ventilateur sera fixé sur le dissipateur avec quatre vis à novopan de 4x35 mm, logées entre les ailettes de refroidissement.

### RÉALISATION DE LA BAGUE D'ADAPTATION

Le plan de la **figure 16** présente les dimensions d'une bague d'adaptation en aluminium destinée à tout télescope standard doté d'un **porte-oculaire de 31,75 mm**. La réalisation de cette pièce peu complexe pourra être confiée à un atelier de mécanique qui possède un tour. Préciser à la commande que la tolérance du diamètre de 31,75 mm est de  $\pm 0,1$  mm.

Le filetage interne de **28,3 mm (au pas de 0,6 mm)** est destiné à la mise en

# LES CAPTEURS CCD TC 255P ET TC 237

Figure 15a :  
assemblage de la partie mécanique

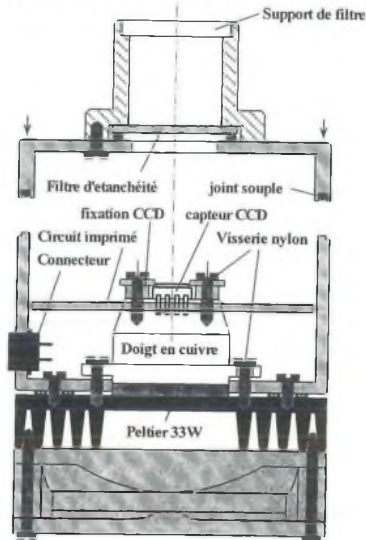


Figure 15b :  
fixation du circuit imprimé

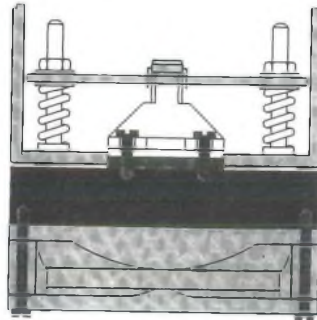


Figure 16 : bague  
d'adaptation pour  
coulant 31,75 mm

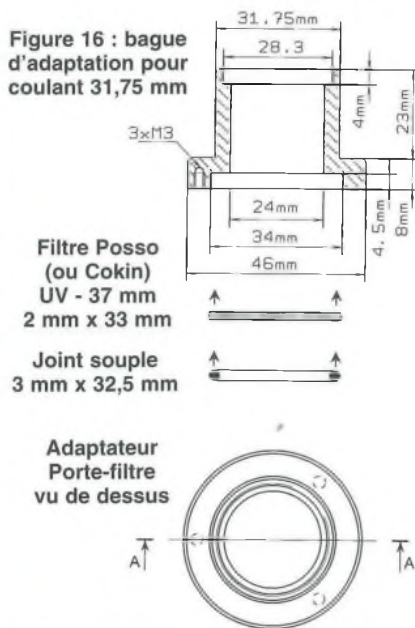
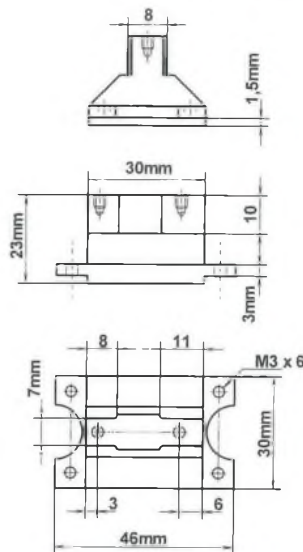


Figure 17 : réalisation  
du doigt  
caloripporteur en cuivre



nombreuses. Il faudra donc faire réaliser une bague spécialement adaptée au microscope que vous utilisez, sachant que la base de cet accessoire sera conforme à l'illustration de la figure 16.

Si vous envisagez de refroidir la caméra, son étanchéité sera assurée par un filtre neutre du type «ultra-violet» de 37 mm (c'est un **filtre UV organique** pour caméscope, de marque **Cokin** ou **Posso**). On le trouve facilement dans les boutiques spécialisées en matériel photo et vidéo. Il sera nécessaire de supprimer la bague métallique dans laquelle le filtre est monté avant de l'installer dans l'adaptateur avec un joint souple de 3 mm.

L'adaptateur sera ensuite fixé sur le boîtier de la tête avec trois vis de 3 mm : pour des raisons esthétiques, il est conseillé de tarauder l'adaptateur sans traverser toute l'épaisseur de l'aluminium.

## RÉALISATION DU DOIGT CALORIPORTEUR

Cette pièce est indispensable pour assurer une évacuation des calories prélevées sur le capteur CCD grâce à un **module Peltier**. Ce dispositif fonctionne comme une pompe à chaleur en version «tout silicium» : l'application d'un courant électrique dans le module déclenche un transfert de calories entre les deux faces (en d'autres termes, une face est refroidie tandis que l'autre chauffe).

Cependant, le rendement de ce dispositif «magique» est assez mauvais. En effet, il ne suffit pas d'évacuer sur la face chaude les calories issues de l'autre face, mais également la puissance dissipée par l'alimentation du module. Si on inverse la polarité du courant, l'effet s'inverse : la face froide devient chaude et inversement.

Le doigt de refroidissement dont les plans sont indiqués en **figure 17** a été étudié pour être compatible avec deux capteurs : le TC255P et le TC237, et surtout pour permettre un **démontage facile** des accessoires (changement de

place des filtres couramment utilisés en astronomie. Il serait prudent de confier un filtre à la personne qui doit réaliser ce filetage, histoire d'éviter des mauvaises surprises à la réception. Il existe quelques instruments «bas de gamme» (souvent des télescopes de 114/900) dotés d'un coulant de 24,5 mm. Si vous possédez cet accessoire, il vous est fortement conseillé de le remplacer par un porte-oculaire au coulant de 31,75 mm. Lors du

changement de télescope (pour un 200mm du type C8 ou LX50, par exemple), votre caméra sera déjà prête à reprendre du service. D'autre part, la revente de la caméra sera également plus facile à négocier si elle est dotée d'une bague au coulant de 31,75 mm. En ce qui concerne l'utilisation de la caméra avec un microscope, il n'est pas possible de proposer une bague standard, tant les différences d'un modèle à l'autre sont

Figure 18 : montage du capteur sur le doigt métallique

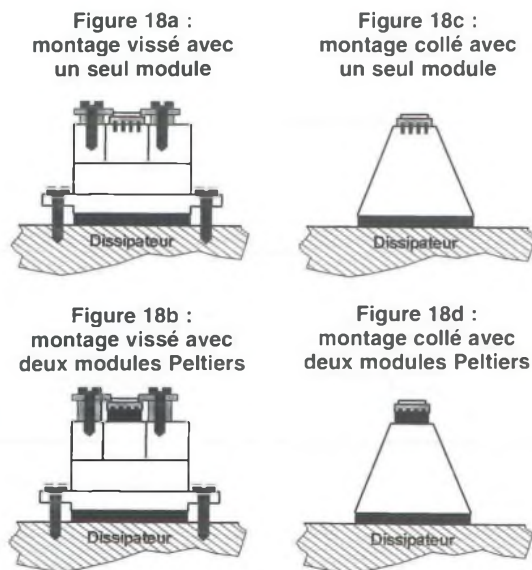
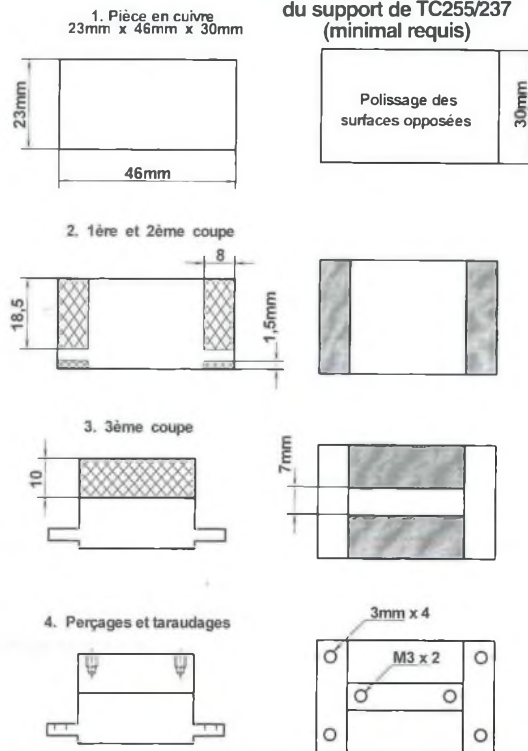


Figure 19 : phases d'usinage du support de TC255/237 (minimal requis)



boîtier, de capteur CCD, de module Peltier, évolution vers le TC237, etc...). Il sera de préférence usiné dans du **cuivre brut** (ou **cuivre rouge**), mais du **laiton** (nommé aussi **cuivre jaune**, avec 54 % de cuivre et 46 % de zinc) ou de l'**aluminium**, qui sont facilement disponibles et moins cher à l'achat, pourraient convenir également. Cependant, la résistance thermique du cuivre reste de loin la plus faible et garantira un refroidissement plus efficace.

Bien que sa forme soit adaptée à l'utilisation d'un seul module de 30x30 mm (**figure 18a**), il peut également recevoir un deuxième étage Peltier de 9x9 mm placé contre la base du CCD (**figure 18b**). On peut aussi envisager un montage définitif de l'ensemble **CCD + doigt + Peltier(s)** par collage à l'aide de colles composites (**figures 18c et 18d**). Cette solution permet de simplifier l'usinage du matériau caloripporteur, qui aura simplement la forme d'une pyramide tronquée de 30x30 mm à la base et de 14x8 mm à la pointe. La dimension de 14x8 mm

permet de tenir compte du décentrage de la zone photosensible des capteurs.

Enfin, il est possible d'envisager de réaliser soi-même et à moindre coût un doigt de refroidissement en aluminium. Commencez par vous procurer un bloc en aluminium de 23 x 46 x 30 mm. L'usinage d'une telle pièce est d'un coût dérisoire pour les professionnels.

Ensuite, polissez les deux surfaces opposées de 46x30 mm avec un papier de verre de grain très fin destiné au ponçage des carrosseries automobiles (>400). L'opération de polissage doit être effectuée sans forcer sur une surface de marbre, avec le papier abrasif mouillé et posé sur le marbre. Lorsque l'état de surface est jugé satisfaisant, protéger les surfaces polies avec une bonne couche de ruban adhésif, puis passer aux phases de découpe indiquées en **figure 19**. Un étau monté sur un plan de travail stable et une scie à métaux permettront d'effectuer du bon travail, d'autant plus que toutes les surfaces à dégager ne sont pas critiques. Si vous n'êtes pas très

fier du résultat, quelques coups de lime bien placés vous rendront vite le sourire ! Le perçage des trous de fixation sera réalisé en dernier, après quoi on pourra enlever la protection des surfaces sensibles (...qu'il faudra probablement nettoyer à l'alcool).

## MONTAGE DU CCD REFROIDI SUR LE CIRCUIT IMPRIMÉ

Quelques précisions sont à apporter à ce niveau. Si vous songez à utiliser la pièce en aluminium décrite en **figure 19**, il est préférable de monter le CCD sur un support. Par contre, pour toutes les autres combinaisons, l'épaisseur du support empêche le passage du deuxième module Peltier ou du doigt de refroidissement de la **figure 17**. Dans ces conditions, il sera nécessaire non seulement de souder directement le capteur sur le circuit imprimé, mais aussi d'élargir la fenêtre centrale au niveau des pastilles du cap-

# LES CAPTEURS CCD TC 255P ET TC 237

teur (il faudra «mordre» légèrement à la lime les pastilles du CCD). Vérifiez au montage que les pastilles du capteur **n'entrent pas en contact avec le doigt métallique** ! Finalement, deux cas de montage risquent de se présenter :

1. Si vous optez pour un assemblage vissé, le CCD sera d'abord soudé sur le circuit imprimé avant de monter l'ensemble dans le boîtier. Il faut veiller à ne pas oublier de souder du côté des composants la broche située près de R30.

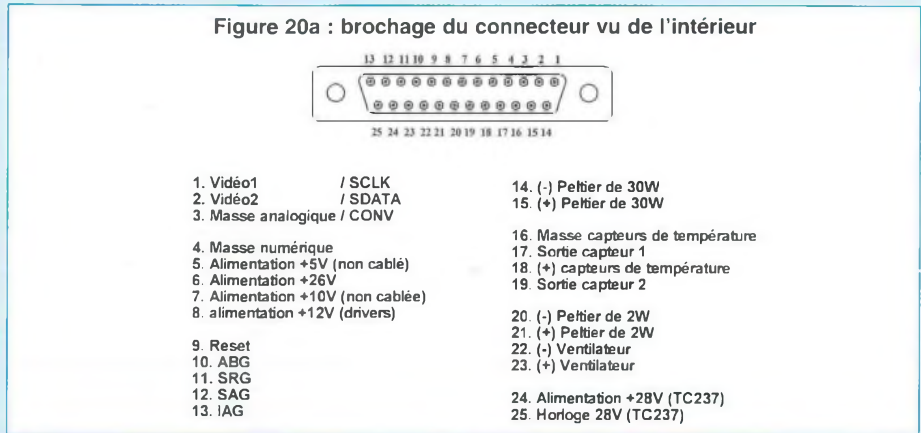
2. Si vous optez pour un assemblage collé, il sera prudent de monter d'abord le circuit imprimé dans le boîtier, en ajustant sa hauteur en fonction de la position finale du capteur.

Ensuite, le capteur sera collé sur sa base métallique, et c'est à ce moment qu'il faut souder les broches du CCD sur le circuit imprimé. A ce stade, il n'est malheureusement plus possible de souder les broches placées sous le circuit imprimé ! On veillera donc à implanter préalablement des pattes de résistances dans les pastilles du CCD. Elles seront soudées des deux côtés du circuit pour obtenir une bonne tenue mécanique, et devront dépasser de 1 à 2mm sur la face supérieure.

Dans ces deux cas, le soudage du CCD devrait être effectué en débranchant le fer à souder du secteur au moment de l'opération de soudage (il serait dommage de détruire le capteur CCD par décharge électrostatique). On ne peut que conseiller de raccorder la panne du fer sur une masse métallique reliée à la terre.

## JUSTIFICATION D'UN 2<sup>ÈME</sup> ÉTAGE PELTIER

Pourquoi placer deux étages Peltier dans la tête CCD?. En fait, tout dépend de la sensibilité et de la résolution souhaitée à l'utilisation. Pour une caméra destinée à des sources de lumière assez fortes (planétaire, microscopie) et des applications pour lesquelles une résolution de 8 bits



suffit, le refroidissement n'est pas vraiment indispensable. D'ailleurs, aucun caméscope grand-public n'est refroidi ! Si on veut accéder à une résolution de 12 bits, surtout dans les milieux où la température ambiante avoisine les 20°C (microscopie en laboratoire, astronomie planétaire lors des nuits d'été), un premier étage Peltier s'avère nécessaire pour diminuer le bruit à un niveau raisonnable. Enfin, pour accéder à des temps de pose suffisamment longs (observation du ciel profond en astronomie), un deuxième étage Peltier devient indispensable.

Au moment où nous écrivons ces lignes, nous n'avons pas encore pu effectuer des mesures rigoureuses sur l'efficacité du refroidissement avec un double étage Peltier. Cependant, nous pouvons avancer quelques chiffres qui proviennent des essais réalisés avec un premier prototype d'enceinte refroidie :

- refroidissement avec un seul étage de 33 W (30x30 mm) alimenté sous 2 ampères : écart minimal de 25°C entre la température ambiante et le capteur CCD. En prenant pour base une réduction de bruit d'un facteur 2 tous les 6 degrés, on peut envisager une réduction totale du bruit thermique autour d'un facteur 20.

- refroidissement avec un étage supplémentaire de 2 W (9x9 mm) alimenté sous 1 ampère : écart supplémentaire de 15°C entre la température ambiante et le capteur CCD (soit 40°C d'écart). Selon les

critères proposés ci-dessus, on peut compter sur une réduction totale du bruit thermique autour d'un facteur 100.

Lors de l'utilisation de 2 étages Peltier, c'est le module de 2 W qui assure un écart de température de 25° C, alors que le module de 30 W, qui doit cette fois évacuer les calories supplémentaires du deuxième Peltier, ne produit plus qu'un écart de 15° C. On peut envisager un dispositif de refroidissement plus efficace qu'un dissipateur en alu associé au ventilateur. Par exemple, on pourrait utiliser un échangeur de chaleur hydraulique relié à une pompe par des canalisations souples. Le gain en efficacité du Peltier de 30 W étant appréciable, il pourrait être alimenté sous un courant de 3 ampères afin de gagner encore une dizaine de degrés. On élimine alors les problèmes de vibrations engendrés par le ventilateur, et qui risquent de nuire à la netteté des images.

## CÂBLAGE DE LA TÊTE CCD SUR LE CONNECTEUR SUB25D MÂLE

Le brochage du connecteur externe est indiqué en **figure 20a**. Il a été scindé en deux rangées totalement indépendantes :

- la rangée supérieure concerne uniquement les fonctions implantées sur le circuit imprimé de la caméra,

# CAMÉRA CCD D'INSTRUMENTATION

Figure 20b : câblage de la partie mécanique

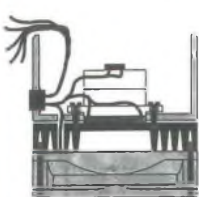


Figure 20c : montage du circuit

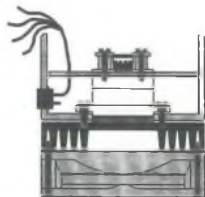
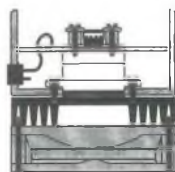
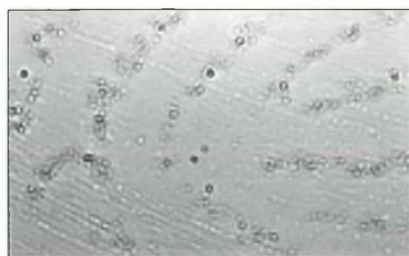
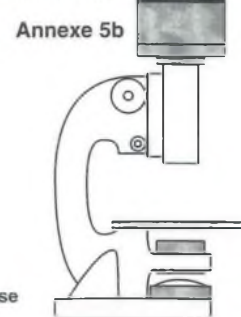
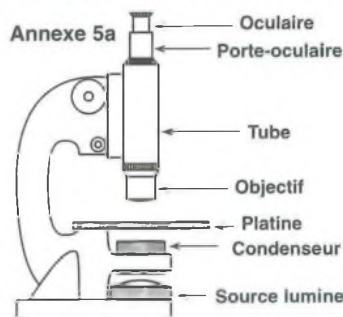


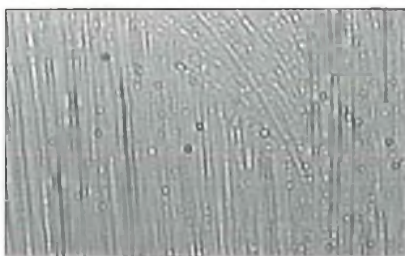
Figure 20d : câblage du circuit



Annexe 5 : contrôle de la vitre du CCD avec un microscope



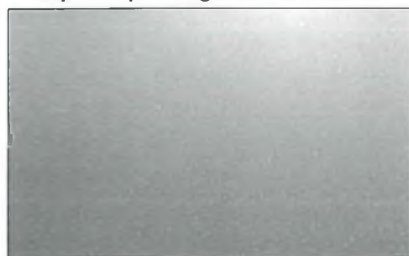
Cliché 1 : il s'agit d'une empreinte digitale déposée par mégarde sur la vitre !



Cliché 2 : nettoyage de l'empreinte avec un coton-tige sec : le remède est pire que le mal



Cliché 3 : traces résiduelles qui apparaissent à l'œil nu après un nettoyage à l'alcool (alcool dénaturé 70°)



Cliché 4 : nettoyage à l'alcool à 70°, mais un contrôle à l'œil nu ne permettrait plus de distinguer de traces



Cliché 5 : on a poussé le vice jusqu'à évacuer les poussières résiduelles avec un aérosol de gaz sec sous pression



Cliché 6 : résultat obtenu après un nettoyage à l'alcool pur. Le capteur pourra enfin être placé définitivement dans son boîtier

• La rangée inférieure concerne toutes les fonctions en rapport avec la gestion du refroidissement du capteur CCD.

Les broches 1 à 3 sont assignées à la sortie du signal vidéo. Les signaux **SCLK**, **SDATA** et **CONV** indiquent une évolution possible vers une caméra dotée d'un convertisseur intégré dans la tête. Dans ce cas, les sorties analogiques seront remplacées par une liaison série synchrone. Les broches 4 à 8 sont affectées aux alimentations. Les dernières broches de la rangée supérieure reçoivent les signaux d'horloge du capteur. Au dessous, on trouvera les lignes d'alimentation des Peltier et du ventilateur, mais également 4 broches assignées à

d'éventuels capteurs de température. Il est important de séparer les lignes d'alimentation de chaque module Peltier. En effet, les rallonges Sub25D ne supportent pas un courant très élevé, et il est important de répartir le courant dans les câbles. Nous avons donc prévu un courant maximal de 2 ampères dans les modules Peltier.

Avec le dispositif d'évacuation des calories proposé plus haut (dissipateur + ventilateur), il est inutile de dépasser cette valeur car la puissance supplémentaire délivrée au module ne pourrait pas être évacuée, et se propagerait vers l'intérieur de la caméra. Signalons que les broches 24 et 25 ont été prévues pour l'alimentation d'une horloge du TC237 en 28 V :

elles ne sont pas utilisées pour le TC255P.

La procédure de câblage conseillée consiste à précâbler les broches du connecteur avec du fil souple avant de le fixer sur le boîtier. A ce stade, il convient de câbler les éléments en relation avec le refroidissement comme indiqué en **figure 20b** (modules Peltier, ventilateur,...). Ensuite, on met en place le circuit imprimé en laissant passer les câbles qui lui sont destinés par la découpe rectangulaire. Cette fenêtre, située près des picots, doit être placée au dessus du connecteur Sub25D (**figure 20c**). Veillez à repérer les câbles avant de fixer le circuit imprimé : une solution efficace consiste à se procurer un câble en nappe multicolore et



# LES CAPTEURS CCD TC 255P ET TC 237

à utiliser, si possible, une couleur différente par broche. Enfin, il ne reste plus qu'à couper les câbles à la longueur adéquate et à les souder sur la face supérieure du circuit imprimé (**figure 20d**).

## NETTOYAGE DE LA FENÊTRE DU CCD

Pour exploiter au mieux les avantages d'une caméra d'instrumentation, il faut commencer par disposer d'une optique propre. Le premier maillon de la chaîne optique est bien évidemment le capteur CCD. Or, le capteur étant à terme protégé par une enceinte close, il est judicieux de s'assurer que la surface de la fenêtre est parfaitement propre avant de fermer définitivement le boîtier. La méthode la plus efficace consiste à utiliser un coton tige (ou une «peau de chamois» destinée au nettoyage des lunettes) imbibés d'alcool éthylique pur (c'est ce qu'on pourrait appeler de l'alcool à 100°).

Malheureusement, la législation n'autorise que la vente libre d'alcool dénaturé à 70°, voire de «l'alcool à brûler». Il sera alors nécessaire de s'adresser à une pharmacie ou à un laboratoire en exposant votre cas, l'idéal étant de montrer le capteur au praticien : pour la bonne cause, il ne devrait pas refuser de vous céder quelques centilitres d'alcool pur. Un contrôle de propreté aussi simple qu'efficace peut être réalisé avec un microscope doté d'une source de lumière autonome et d'un **condenseur (Annexe 5a)**.

Lorsque la caméra sera opérationnelle, placez la au niveau du porte-oculaire, l'oculaire étant retiré. Supprimer également l'objectif situé entre le tube et la platine (**Annexe 5b**). Le faisceau lumineux parallèle et homogène issu du condenseur éclaire alors uniformément la surface du CCD à travers la vitre. L'état de la vitre peut donc être contrôlé directement sur l'écran du PC relié à la caméra, comme en témoignent les clichés (1) à (6). Vous pouvez remarquer que dans le cas d'un nettoyage à sec, le remède est pire que le mal (**cliché 2**).

D'autre part, quels que soient les soins apportés au nettoyage avec de l'alcool à 70°, le résultat ne sera jamais à la hauteur de vos espérances (**clichés 3 à 5**). Enfin, le dernier cliché montre les conséquences du passage sur la vitre d'un coton-tige imbibé d'alcool pur.

## PROTECTIONS DU CCD CONTRE LE GIVRE

Lorsque la caméra est refroidie, le givre représente son principal ennemi. La solution la plus efficace consiste à placer la tête de caméra dans une enceinte maintenue sous vide.

Cette technique reste cependant très difficile à mettre en œuvre au niveau amateur, et pose le problème de la dissipation thermique des autres composants placés dans la tête. Nous avons adopté une solution intermédiaire qui consiste à isoler l'enceinte du capteur CCD de l'extérieur. Le volume intérieur sera ensuite asséché et protégé des infiltrations d'humidité par la mise en place de sachets dessiccants. Leur efficacité dans le temps dépendra de la qualité de l'isolation, qui doit être assurée par les moyens suivants :

- mise en place d'un filtre optique associé à un joint torique dans la bague d'adaptation (**figure 16**). Le joint doit être placé contre le boîtier.
- mise en place du joint d'étanchéité livré avec le boîtier.
- utilisation d'un connecteur Sub25D étanche. Dans ce cas, il doit être monté à l'extérieur du boîtier. Son prix est cependant au moins 5 fois plus élevé que son homologue standard. On peut aussi noyer le connecteur dans un joint silicone, ce qui est efficace mais pas vraiment démontable.
- application d'un point de joint silicone autour des têtes de vis avant leur serrage dans le boîtier.

- application d'un cordon de joint silicone entre le boîtier et le dissipateur.

- application d'un point de joint silicone au niveau du passage de câble du ventilateur (**figure 20b**).

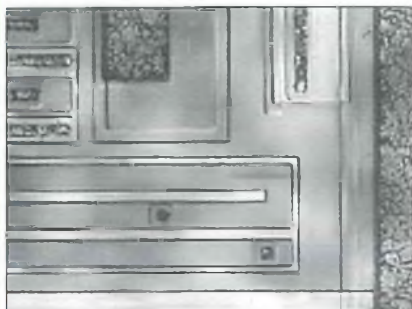
Le joint au silicone, disponible facilement dans les grandes surfaces de bricolage (rayon «salles de bain» ou «colles»), se présente en tubes plastiques de 20x5cm. Son principal intérêt réside dans la possibilité du démontage ultérieur des pièces assemblées.

## POSSIBILITÉS DE LA CAMÉRA

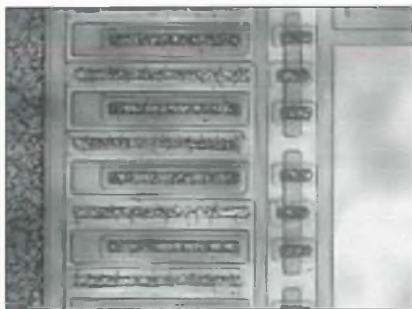
Elles dépendront surtout du logiciel qui sera associé à la caméra. Un programme minimal destiné à fonctionner sous Windows 95 est en cours de préparation. Il permettra de réaliser des images en 16 millions de couleurs pour la microscopie et d'effectuer quelques pré-traitements classiques en imagerie astronomique. Nous développerons ces possibilités en temps utile. La sauvegarde des images sera assurée sous différents formats afin d'assurer la compatibilité des fichiers avec certains programmes grands publics ou professionnels. Quelques images sont fournies en annexe afin d'illustrer diverses possibilités d'observation en astronomie et en microscopie. Les images de cet article ont été réalisées à partir d'une interface 8 bits reliée à la tête de caméra TC255P non refroidie. En ce qui concerne les clichés astronomiques, la caméra était placée au foyer d'un C8 (télescope de 200 mm de diamètre doté d'une longueur focale de 2 m). La soustraction du niveau du noir est le seul traitement réalisé de façon systématique sur toutes les images. Pour les connaisseurs, signalons qu'un «masque flou» (traitement typique en astronomie) a été appliqué sur les images planétaires de Saturne et Jupiter (**annexe 6, Led n°151**). Les images de la lune ont eu droit à l'application d'un filtre passe-haut afin

## CAMÉRA CCD D'INSTRUMENTATION

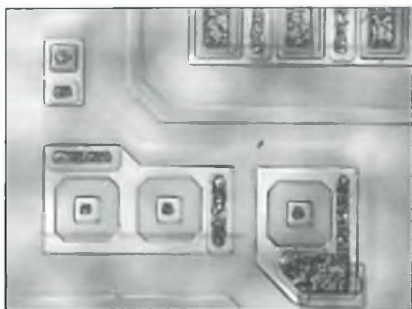
Annexe 9 : observation au microscope de la surface d'une pastille de silicium



Annexe 9a

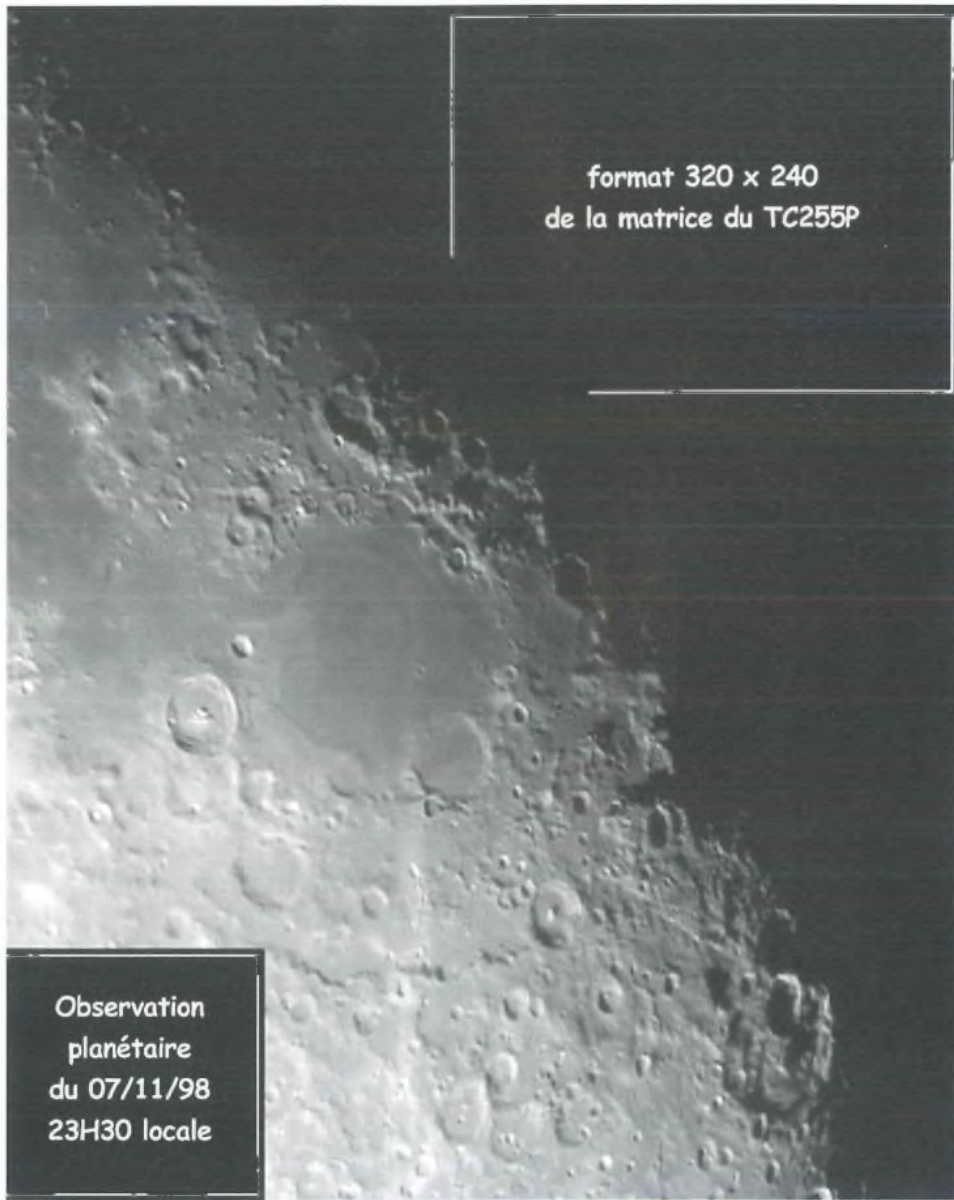


Annexe 9b



Annexe 9c

Annexe 8 : sur cette image partielle de la lune, le cadre blanc permet de comparer l'image finale avec la taille des images brutes qui ont permis de l'obtenir.



d'augmenter la netteté des détails. Enfin, un ajustement d'échelle (du type luminosité / contraste) a été appliqué sur la plupart des images.

La lune, dont le diamètre apparent est nettement supérieur à celui des autres planètes, n'imprime qu'une petite partie de sa surface sur le capteur CCD. Ainsi, les images de la lune proposées en **annexes 7 et 8** ont été obtenues par assemblage de plusieurs clichés de 320

x 240 pixels, acquis en balayant progressivement la surface de la lune avec le télescope.

La recombinaison a ensuite été réalisée avec les fonctions copier/coller d'un logiciel de traitement d'images. Cette technique permet non seulement d'obtenir de grandes images à partir d'un capteur de petite surface, mais aussi de prolonger le plaisir de l'observation astronomique en pleine journée (...et notamment lors-

qu'il fait un temps couvert le lendemain soir !). Pour terminer, vous trouverez en **annexe 9** les images de la surface d'une puce de silicium observée au microscope. Sur ces clichés de 320 x 240 pixels, un pixel correspond à 0,8 micron. En d'autres termes, chaque image montre un détail de 0,25 x 0,19 mm.

à suivre...  
Bernard Dalstein

# BON DE COMMANDE

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

## N° 132

- Le capteur de température LM335
- Serrure à carte codée
- Préampli différentiel pour micro symétrique
- Filtre anti-larsen pour microphone
- Doubleur de canaux pour oscilloscope
- Compteur universel
- Interrupteur sonore (clap inter)
- Générateur BF économique à très faible distorsion

## N° 133

- La correction acoustique des locaux
- Minuterie programmable
- Automatisme d'éclairage
- Digitaliseur vidéo pour Atari et compatible IBM-PC (1ère partie)
- Convertisseur inverseur de puissance  $\pm 12\text{ V} / 0,5\text{ A}$
- Alarme auto/moto à capteur inductif

## N° 134

- La classe d'amplification A ou B
- Table de mixage
- Digitaliseur vidéo pour Atari et compatible IBM-PC (2e partie)
- Générateur de fonctions 20 Hz à 100 kHz en 4 gammes
- Automatisme de charge pour batteries au plomb 12 V

## N° 135

- Le filtrage actif
- Digitaliseur vidéo pour Atari et compatible IBM-PC (3e partie)
- Commandes de moteurs
- Variateur de puissance et sécurité pour fer à souder
- Emetteur automatique FOXTROT
- Télécommande infra-rouge 16 voies programmables

## N° 136

- Photocopies de l'article (Prix de l'article : 30 F) :**
- Amplificateur stéréo à tubes. Double push-pull d'EL84 - 2 x 28 Weff (1ère partie)

## N° 137

- Photocopies de l'article (Prix de l'article : 30 F) :**
- Amplificateur stéréo à tubes. Double push-pull d'EL84 - 2 x 28 Weff (2ème partie)

## N° 138

- Photocopies de l'article (Prix de l'article : 30 F) :**
- Amplificateur à tubes EL84, 2x5 Weff en classe A

## N° 139

- Les cathoscopes ou tubes cathodiques (cours N°6)
- Le TDA 7294 de SGS-THOMSON, amplificateur stéréo de 2x70 Weff / 8  $\Omega$  ou 1 x 200 Weff / 8  $\Omega$
- Amplificateur hybride tube/transistor : le TRANSITUBE, 2x35 Weff / 8  $\Omega$  en pure classe A
- Filtre actif pour caisson extrême-grave

## N° 140

- Photocopies de l'article (Prix de l'article : 30 F) :**
- Le Quatuor, amplificateur classe A de 2x20 Weff à tubes EL84

## N° 141

- Les amplificateurs audio à tubes électroniques (cours N°8 : correction de fréquence des signaux)
- Amplificateur professionnel de 2x350 Weff / 8  $\Omega$  (1000 Weff / 8  $\Omega$  en version pontée) : le MONSTRE - 2ème partie
- Minuteur cyclique
- Booster à tubes pour autoradio (double push-pull d'EL84) 1ère partie

## N° 142

- Les amplificateurs audio à tubes électroniques (cours N°9 : La Rétroaction)
- Amplificateur professionnel de 2x350 Weff / 8  $\Omega$  (1000 Weff / 8  $\Omega$  en version pontée) : le MONSTRE - 3ème partie
- Préamplificateur tous tubes 5 entrées avec correcteur de tonalité débrayable
- Laboratoire miniature comprenant : Générateur de fonctions + alimentation stabilisée + chargeur de batteries CdNi

## N° 143

- Les principes des haut-parleurs
- Décodeur PAL/RVB
- Traceur de courbes pour transistors NPN/PNP
- L'OCTUOR, bloc ampli mono de 54 Weff / 4-8-16  $\Omega$ , quadruple push-pull d'EL84

## N° 144

- La vision artificielle
- Caméra CCD linéaire
- Filtre actif 24 dB/Octave
- Générateur BF - Fréquencecètre - Périodémètre 0,1 Hz à 2 MHz (distorsion < 0,1 %)

## N° 145

- Amplificateur à tubes, pour écoute au casque 8  $\Omega$  / 100  $\Omega$  / 300  $\Omega$  / 600  $\Omega$
- Réalisez un kit de développement évolutif pour microcontrôleur 68HC11 (1<sup>ère</sup> partie)
- L'OCTUOR en classe A pour 40 Weff / 4-8-16  $\Omega$
- Filtrage actif 2 voies, pour enceinte acoustique

## N° 146

- Kit de développement pour 68HC11, jeu d'instructions et modes d'adressages (2ème partie)
- Régulateur de vitesse pour modèles réduits
- Le QUATUOR d'EL84 : classe A de 2 x 20 Weff (de l'anode à la cathode)
- Enceinte centrale pour cinéma à la maison
- Le CLASSIQUE : amplificateur de 2 x 20 Weff avec pentodes EL34

## N° 147

- Kit de développement pour 68HC11, les interruptions, le Timer et la programmation de l'EEPROM (3<sup>ème</sup> partie)
- Étude et réalisation d'une alarme temporisée avec sirène et coupure d'allumage sur automobile
- Kit ALCION, enceinte 3 voies de Triangle
- Préamplificateur stéréo à tubes ECF82 pour entrées «haut niveau», lecteur de CD-Tuner, Magnétophone...

## N° 148

- E. S. P. sur : le tube électronique (causerie n°1)
- Kit de développement pour 68HC11 4<sup>ème</sup> partie. Gestion de claviers matriciels
- Préamplificateur avec triode/pentode ECL86 en «MU follower».
- Alimentation de bougies glow-plup en vol
- Amplificateur hybride tubes/transistors de 2x50 Weff / 8  $\Omega$

## N° 149

- En Savoir Plus sur : le tube électronique (la lampe) causerie n°2
- Kit de développement pour 68HC11 (5<sup>ème</sup> partie). Mise en Oeuvre d'un afficheur LCD Alphanumérique
- Digicode programmable avec alarme
- Alim stab HT pour préamplificateurs à tubes
- Le TDA7294 : un bloc de puissance 4 canaux
- Booster automobile 4 x 75 Weff ou amplificateur de sonorisation autonome
- Micro variateur et Switch

## N° 150

- En Savoir Plus sur : le tube électronique (la lampe) causerie n°3
- Caméra CCD d'instrumentation destinée à l'astronomie (1<sup>ère</sup> partie)
- Chaîne triphonique de 3 x 75 Weff pour sonorisation ou écoute Hi-Fi
- Le CLASSIQUE II : version 2 x 40 Weff push-pull d'EL34 ou de KT88
- Afficheur matriciel à 35 Led
- Le Kit NJORD : enceinte 2 voies de BC Acoustique

## N° 151

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

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

30 F le numéro (frais de port compris)

NOM : ..... PRÉNOM : .....

N° : ..... RUE : .....

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

Quelques numéros encore disponibles (prix 30 F) :  
122, 123, 124, 125

Je désire :

...n° 132  ...n° 133  ...n° 134  ...n° 135

...n° 139  ...n° 141  ...n° 142  ...n° 143

...n° 144  ...n° 145  ...n° 146  ...n° 147

...n° 148  ...n° 149  ...n° 150  ...n° 151

Photocopies d'article :

...n° 136  ...n° 137  ...n° 138  ...n° 140

# CHAÎNE TRIPHONIQUE DE 3 x 75 Weff

## ÉLECTRONIQUE ET ACOUSTIQUE POUR SONO OU ÉCOUTE HI-FI

La description de l'électronique de cette réalisation s'achève avec les 3 cartes amplificatrices, chacune d'elles pouvant délivrer une puissance de 75 Weff dans d'excellentes conditions. Nous verrons également les interconnexions des modules et la mise en coffret.



### CARTES AMPLIFICATRICES DE PUISSANCE : 75 Weff

#### SCHÉMA ÉLECTRIQUE

Les trois cartes «ampli de puissance» sont basées sur le schéma électrique de la figure 18. De structure entièrement symétrique, ce schéma se caractérise par une excellente réponse en régime transitoire, une stabilité à toute épreuve, un bon rendement, un faible taux de distorsion harmonique et surtout d'intermodulation, une saturation douce à l'oreille et, enfin, un facteur d'amortissement très élevé. Le signal d'entrée (issu de la carte égaliseurs et filtres) est appliqué à une double cellule RC : la première (passe haut : R1 - C1) annule toute composante continue qui pourrait se présenter à l'entrée ; la deuxième (passe-bas : R2 - C2) produit

une fréquence de coupure à 70 kHz : elle bloque tout signal de haute fréquence éventuel qui pourrait entraîner de la distorsion de croisement dans les étages de sortie.

Le signal audio attaque ensuite l'entrée non-inverseuse de deux amplis différentiels construits autour de T1, T2 pour la partie négative et T3, T4 pour la partie positive. Des contre-réactions locales sont obtenues grâce aux résistances d'émetteurs R7 à R10.

Les sorties de ces étages différentiels attaquent ensuite l'étage d'amplification en tension constitué par les transistors T5 et T6. Ici aussi, les résistances d'émetteurs R19 et R20 introduisent de la contre-réaction locale. L'utilisation des cellules d'alimentation composées d'une diode (D1 ou D2) placée en série avec une résistance (R28 ou R29) découplée

par le condensateur C5 ou C6 permettent de sous-alimenter légèrement les étages d'entrée de manière à localiser la saturation au niveau de l'étage d'amplification en tension (T5 et T6).

Pour terminer, on arrive à l'étage de sortie, du type darlington, constitué des deux transistors drivers T7 et T8 et des deux transistors de sortie T13 et T19, montés sur des dissipateurs de 1,2°C/W situés sur la face arrière du coffret pour un refroidissement efficace. Ce dernier étage, du type suiveur, procure le gain en courant nécessaire pour attaquer les haut-parleurs dans d'excellentes conditions. Le transistor T15, couplé thermiquement aux deux transistors de sortie, capte la température de ceux-ci pour fixer la valeur du courant de repos, réglable par le potentiomètre P1. Il fonctionne en «Vbe multiplier». Les condensateurs C9 et C10 stoppent toute éventuelle oscillation parasite à ce niveau.

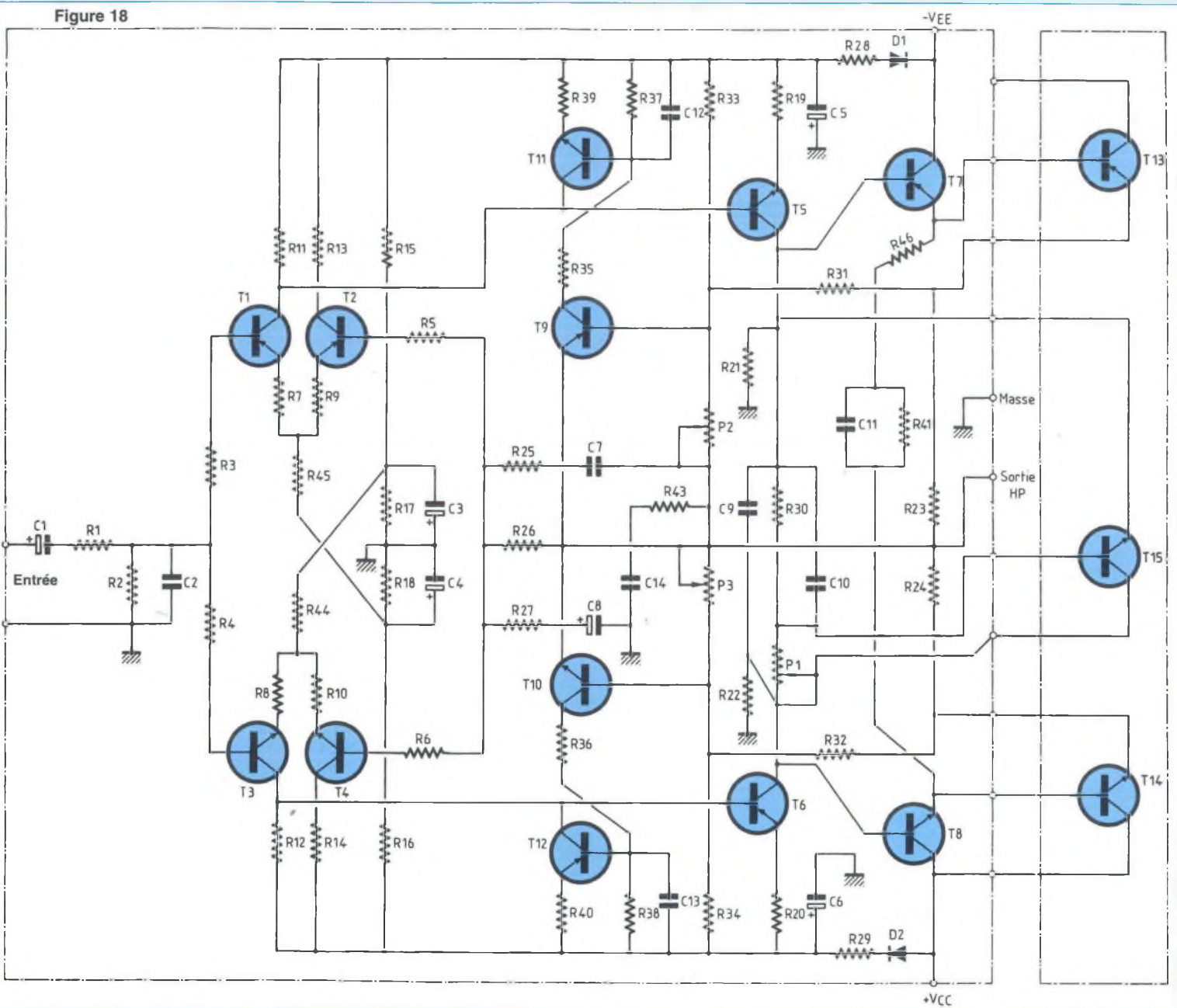
La cellule composée de R41 et C11 sert à accélérer la désaturation des bases des deux transistors de sortie T13 et T14 et vient diminuer la distorsion de croisement sur d'éventuels signaux inaudibles (d'une fréquence supérieure à 30 kHz et de grande amplitude). La résistance R43, en série avec le condensateur C14, constitue une charge pour l'ampli à haute fréquence.

Enfin, cet amplificateur est doté d'un réseau de protection efficace bâti autour des transistors T9, T11, T10 et T12. Si un courant excessif circule dans la résistance d'émetteur R23, ou R24, le transistor correspondant T9 ou T10 se sature et sature à son tour le transistor correspondant T11 ou T12, lequel vient bloquer le transistor T5 ou T6. Les potentiomètres P2 et P3, montés en résistances variables, permettent de fixer la valeur du courant de sortie pour lequel ces étages de protection interviennent.

La boucle de contre-réaction globale est constituée par les résistances R26 et R27 (en série avec le condensateur C8). Une cellule de correction de phase (R25 en série avec C7) vient compléter le tout.

# UNE ÉCOUTE TRISONIQUE

Figure 18



Les bonnes performances de cet ampli viennent du fait que les contre-réactions locales évoquées ci-dessus permettent d'obtenir dès le départ de bonnes caractéristiques de fonctionnement en boucle ouverte : faible distorsion et bonne stabilité avec un gain modeste mais suffisant. Si l'on retire R27 (pour se mettre en boucle ouverte), on constate que le gain en tension est approximativement égal

à :  $G_{vbo} = (R11 / R7) \times (R21 / R19) = 185,74$  soit 45,38 dB.

En boucle fermée (si l'on remet R27), le gain est grossièrement égal à :

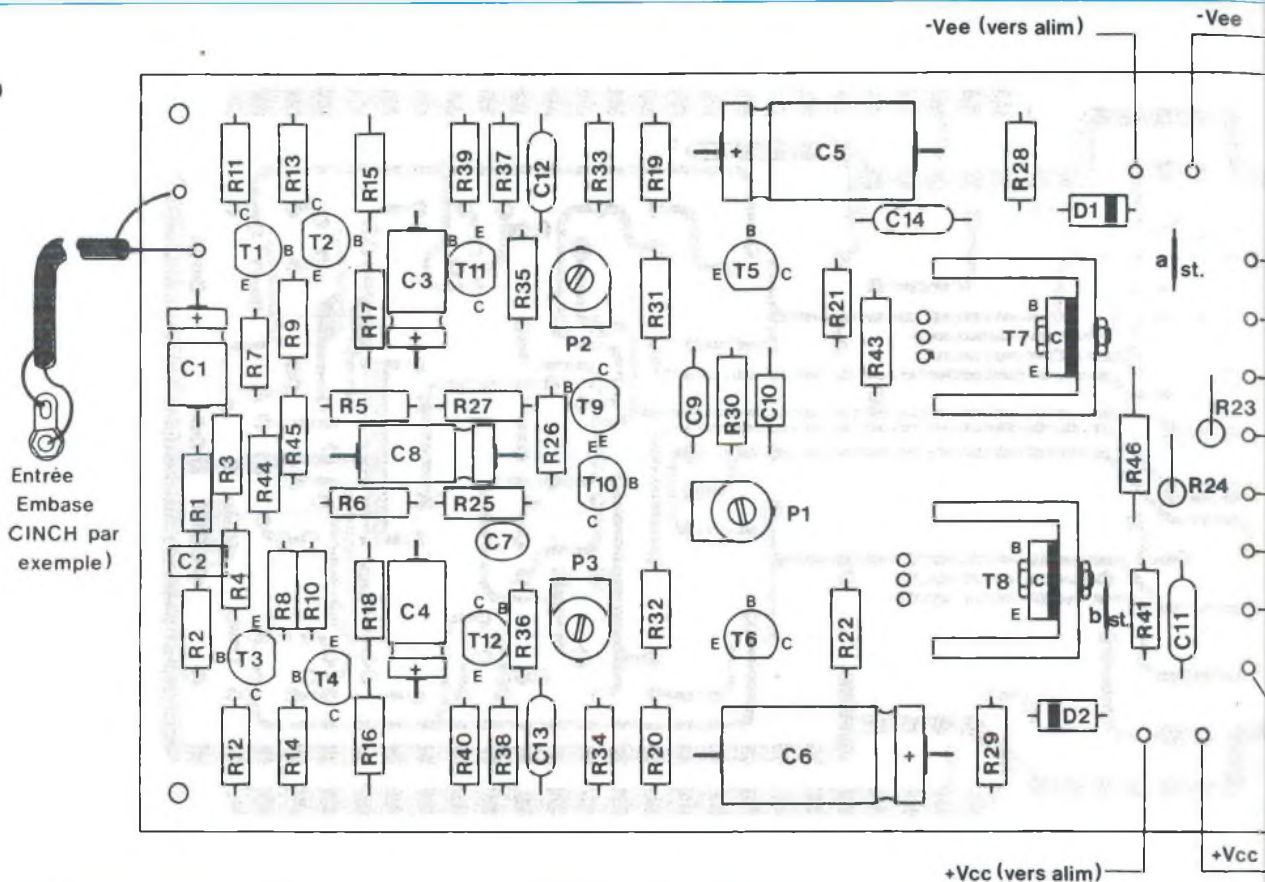
$G_{vbf} = (R26 + R27) / R27 = 23$  soit 27,23 dB (20 log (23)).

Par conséquent, le taux de contre-réaction global est faible : environ 18 dB, d'où le très bon comportement de cet ampli en régime transitoire. Sur beaucoup d'autres

schémas d'amplis à transistors bipolaires, on rencontre au contraire la combinaison suivante : gain important en boucle ouverte et taux de contre-réaction élevé (pour corriger artificiellement les défauts et procurer une stabilité précaire). Cette combinaison entraîne irrémédiablement une distorsion d'intermodulation élevée et par conséquent un mauvais comportement en régime transitoire.

# CHAÎNE TRIPHONIQUE DE 3 x 75 Weff

Figure 20



## NOMENCLATURE DES CO

### CARTE AMPLIFICATEUR 75 Weff

#### - Résistances

R1 : 2,7 k $\Omega$   
 R2 : 27 k $\Omega$   
 R3 à R6 : 680  $\Omega$   
 R7 à R10 : 82  $\Omega$   
 R11 à R14 : 2,7 k $\Omega$   
 R15, R16 : 2,7 k $\Omega$  / 1/2 W  
 R17, R18 : 2,2 k $\Omega$  / 1/2 W  
 R19, R20 : 390  $\Omega$   
 R21, R22 : 22 k $\Omega$   
 R23, R24 : 0,15  $\Omega$  / RB59 / 4 W

R25 : 100  $\Omega$   
 R26 : 22 k $\Omega$   
 R27 : 1 k $\Omega$   
 R28, R29 : 15  $\Omega$   
 R30 : 1,5 k $\Omega$   
 R31, R32 : 150  $\Omega$   
 R33, R34 : 15 k $\Omega$   
 R35, R36 : 6,8 k $\Omega$   
 R37, R38 : 10 k $\Omega$   
 R39, R40 : 220  $\Omega$   
 R41 : 100  $\Omega$   
 R43 : 22  $\Omega$  / 1/2 W  
 R44, R45 : 10 k $\Omega$   
 R46 : strap

P1 : ajustable cermet VA05H / 4,7 k $\Omega$   
 P2, P3 : VA05H / 1 k $\Omega$

#### - Condensateurs

C1 : 10  $\mu$ F / 63 V chim. axial  
 C2 : 1 nF LCC pas 5 mm  
 C3, C4 : 10  $\mu$ F / 63 V chim. axial  
 C5, C6 : 100  $\mu$ F / 63 V chim. axial  
 C7 : 15 pF céramique 5 mm  
 C8 : 100  $\mu$ F / 25 V chim. axial  
 C9 : 47 nF / 400 V polyester  
 C10 : 470 nF / 100 V polyester  
 C11 : 100 nF / 400 V polyester

Or un signal musical complexe est rempli de signaux transitoires à l'apparition de chaque note de chaque instrument qui le compose.

### RÉALISATION DES CARTES AMPLIFICATRICES

Ces cartes sont construites à partir de circuits imprimés simple face dont la figure

19 indique le tracé. Facile à reproduire par la méthode photographique, ces circuits imprimés de 160 x 100 mm seront percés comme suit :

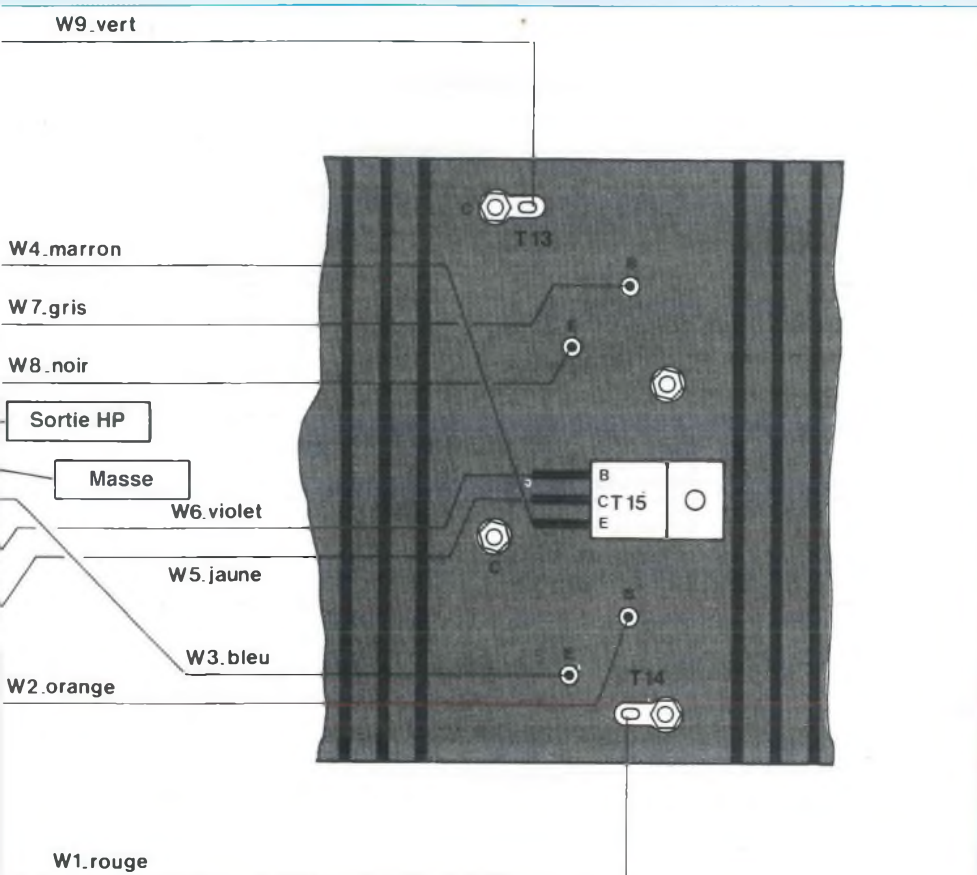
4 trous de fixation de 3,5 mm, 13 trous de 1,5 mm pour les fils de sortie, 2 trous de 1,3 mm pour les picots d'entrée, 9 trous de 1,2 mm pour les trois potentiomètres, grosses pastilles de 3,17 mm : trous de

1,0 mm, pastilles de 2,54 mm : trous de 0,8 mm.

Le montage des composants se fera d'après la figure 20 et la nomenclature détaillée.

On commencera par les deux picots d'entrée (à proximité du transistor T1). On implantera ensuite les transistors T1, T2, T3, T4, T5, T6, T9, T10, T11 et T12

# UNE ÉCOUTE TRISONIQUE



On procédera ensuite au montage des trois transistors T13, T14 et T15 sur leur radiateur. Ces transistors seront isolés électriquement par les micas et les canons isolants qui composent les kits d'isolation puis reliés thermiquement au radiateur par l'enduction à la graisse silicone des micas, et un bon serrage des vis de fixation. L'ensemble ainsi obtenu sera précâblé avec des fils de couleurs différentes de manière à les repérer facilement lors du câblage des cartes amplis. Les 4 fils W9, W8, W3 et W1, parcourus par des courants élevés, auront une section de 1 mm<sup>2</sup>. Les 5 autres fils utiliseront des fils d'une section de 0,22 mm<sup>2</sup>. Un test d'isolement sera indispensable pour terminer cette phase de la réalisation. Pour la suite du câblage, les radiateurs étant fixés sur la face arrière comme nous allons l'indiquer ci-après dans la partie «réalisation mécanique», il ne reste plus qu'à souder les neuf fils de liaisons sur la carte ampli concernée et à relier celle-ci à l'alimentation de puissance, directement aux bornes des condensateurs de filtrage C038.

## ANTS

C12, C13 : 47 nF / 400 V polyester  
C14 : 100 nF / 400 V polyester

### - Semiconducteurs

T1, T2 : BC556B  
T3, T4 : BC546B  
T5 : 2N5551  
T6 : 2N5401  
T7 : MJE15031  
T8 : MJE15030  
T9 : 2N5401  
T10 : 2N5551  
T11 : BC546B

T12 : BC556B  
T13 : MJ15004  
T14 : MJ15003  
T15 : TIP29A, B ou C  
D1, D2 : 1N4004

### - Divers

2 dissipateurs ML26 (15° C/W)  
1 dissipateur spécial 1,2° C/W (réf. ELEN 732802)  
1 kit d'isolation pour boîtier T0220  
2 kits d'isolation pour boîtier T03  
1 tube de graisse silicone  
2 vis et écrou diam. 3 mm

qui permettront, une fois montés, de se repérer plus facilement pour le montage des résistances, des condensateurs (donc le côté (+) est repéré par un étranglement pour les chimiques). Viendront ensuite se placer les trois potentiomètres et les deux diodes D1 et D2 en respectant leur orientation. Les deux résistances d'émetteur R23 et R24, de type RB59, se montent

debout. On n'oubliera pas les deux straps a et b. On fixera fermement les transistors prédrivers T7 et T8 (boîtiers TO220) contre leur radiateur à l'aide de vis et d'écrous de 3 mm puis on les montera à leur place respective sur la plaquette, après les avoir bien identifiés (une inversion NPN- PNP pourrait se traduire par des résultats fort désagréables).

## RÉGLAGES

Le câblage général étant réalisé comme nous allons le voir dans le prochain paragraphe, on peut procéder aux réglages des trois cartes amplificatrices.

Avant de mettre l'appareil sous tension, tourner à fond les curseurs des potentiomètres P1 dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (ce qui correspond au minimum de courant de repos).

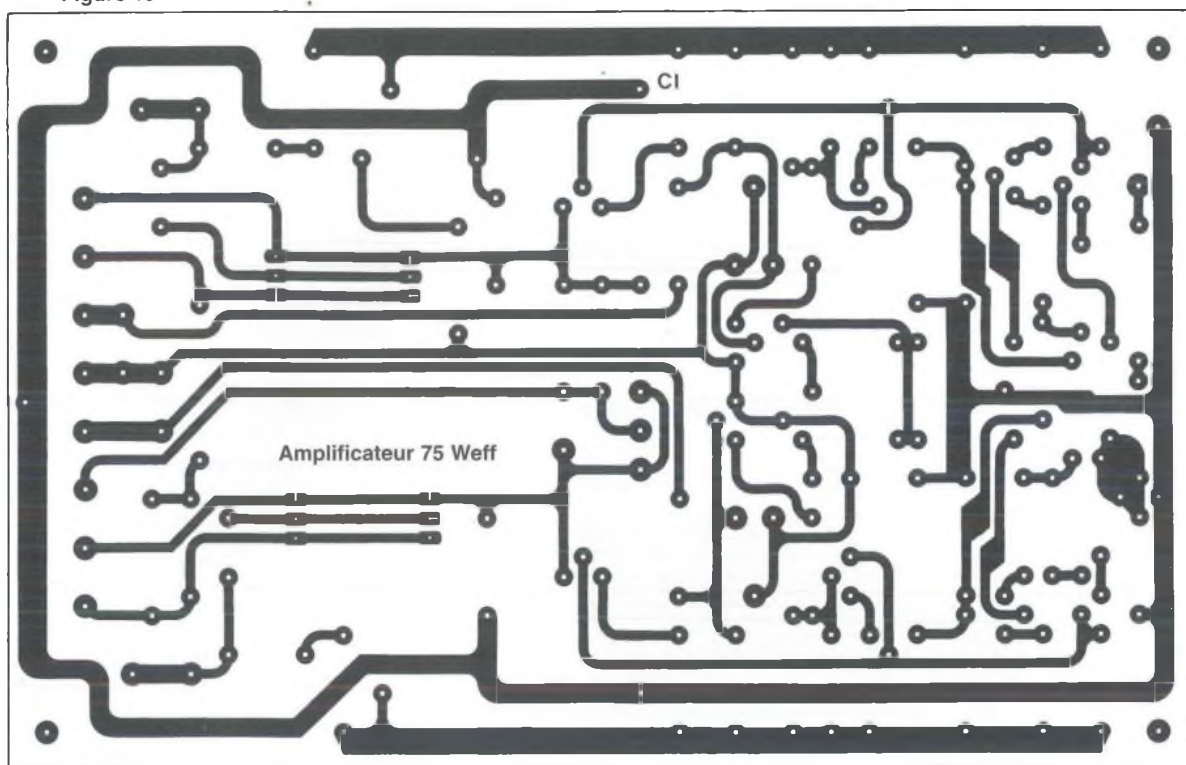
Procéder de même pour les potentiomètres P2 et P3 (pour rendre la protection inefficace sur 8 ohms).

Court-circuiter l'entrée de la première carte ampli à régler, relier la sortie correspondante à une charge fictive de 8 ohms (résistance ou groupement de résistances) et mettre sous tension.

Connecter un multimètre aux bornes de la résistance R23 et agir sur le potentiomètre P1 de manière à lire 7,5 mV sur le multimètre (ce qui correspond à un courant de repos de 50 mA).

## CHAÎNE TRIPHONIQUE DE 3 x 75 Weff

Figure 19



Mettre hors tension et relier l'entrée de l'ampli à un générateur sinusoïdal.

Brancher la sonde d'un oscilloscope entre la sortie de l'ampli (facilement accessible sur la partie supérieure de la résistance R24) et la masse.

Régler la fréquence du générateur sur 20 kHz et l'amplitude de manière à obtenir environ 2 V crête à crête sur l'oscilloscope.

Le signal visualisé devra être totalement dépourvu de distorsion de croisement (reconnaissable par une déformation de la sinusoïde au voisinage des passages à zéro). Si tel n'était pas le cas, il faudrait reprendre le réglage de P1 ou vérifier le montage.

Régler maintenant la fréquence du générateur sur 800 Hz et monter progressivement l'amplitude jusqu'au seuil de saturation en consultant l'écran de l'oscilloscope.

Agir sur le potentiomètre P2 de manière à aplatir la crête négative de la sinusoïde puis revenir légèrement en arrière, à la limite d'entrée en action du circuit de protection.

Effectuer le même réglage sur la crête positive en agissant sur le potentiomètre P3.

Procéder de la même façon pour les deux autres cartes amplificatrices.

### RÉSULTATS OBTENUS

Dans les conditions d'alimentation prévues, c'est à dire avec un transformateur torique de 500 VA / 2 x 36 V suivi d'un pont de redressement carré de 25 A et de deux condensateurs de filtrage de 15 000  $\mu$ F / 63 V chacun, on obtient les résultats suivants au niveau de chaque ampli :

- **gain en tension** : mesuré à la fréquence de 1 kHz, le gain est égal à 20,6 : ce qui donne une sensibilité d'entrée de 1,37 Veff pour obtenir 75 Weff en sortie.

- **puissance de sortie** : la tension de sortie maximale avant écrêtage sur une charge résistive de 8 ohms s'élève à 30 Veff : soit une puissance de sortie de  $30 \times 30 / 8 = 112,5$  Weff. Les tensions d'alimentation Vcc et Vee valent alors 49,9V.

- **tension d'offset en sortie** : toujours inférieure à 10 mV.

- **rapport signal/bruit** : supérieur à 111 dB.

- **facteur d'amortissement** : la résistance interne de l'ampli n'excède pas 31 milliohms, ce qui donne un facteur d'amortissement de  $8 / 0,031 = 258$ .

- **bande passante et temps de montée** : la fréquence de coupure haute se situe aux environs de 65 kHz pour 3 dB d'atténuation. Le temps de montée vaut 6  $\mu$ s. En retirant le condensateur C2 du filtre d'entrée, le temps de montée descend à 1  $\mu$ s tandis que la fréquence de coupure dépasse les 200 kHz.

### MONTAGE MÉCANIQUE ET INTERCONNEXIONS

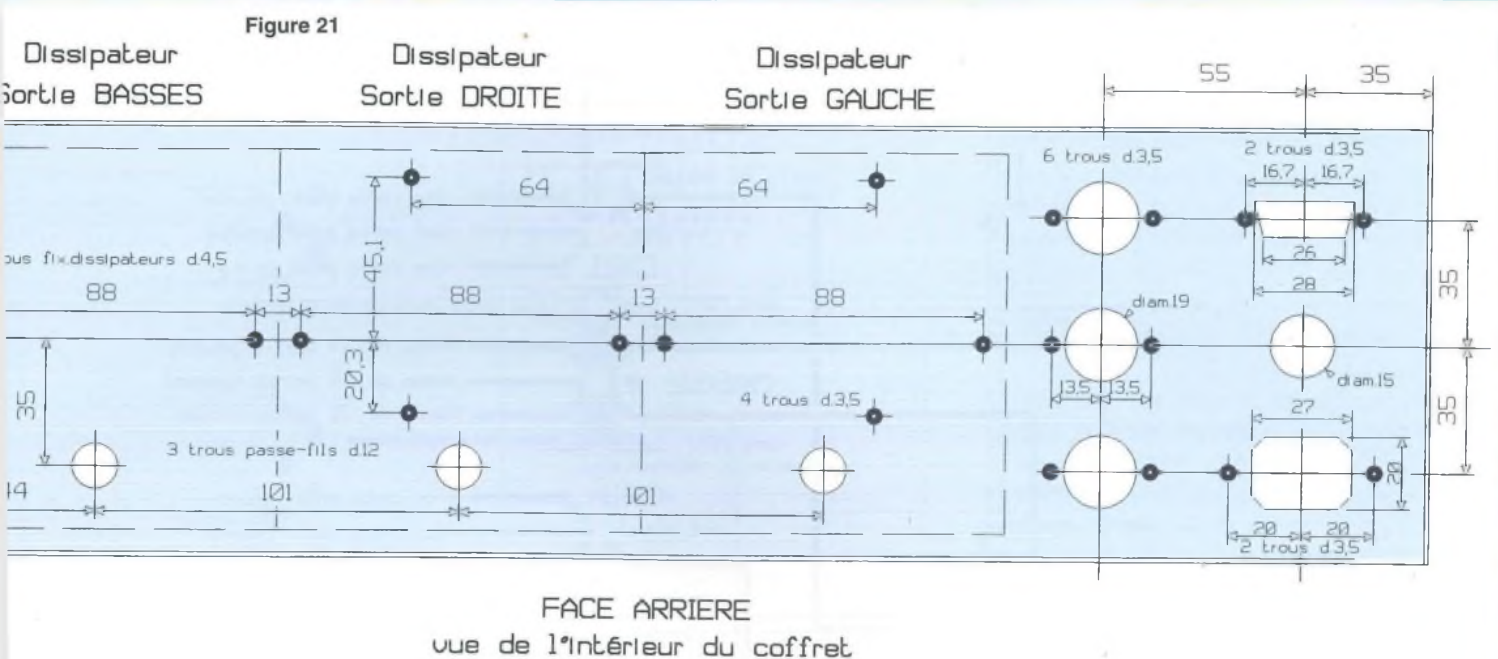
#### 1) FACE ARRIÈRE

La figure 21 indique le travail à effectuer sur la face arrière du coffret.

Les trois radiateurs sont représentés en pointillés. Sur la partie droite du dessin, on trouve les ouvertures nécessaires pour l'embase secteur, le porte-fusible, la prise DB15 d'entrée et les trois embases XLR sur lesquelles vien-



# UNE ÉCOUTE TRISONIQUE



dront se brancher les deux enceintes satellites et le caisson de basses.

La carte relayage et alimentations vient se placer approximativement au centre de la face arrière, sur 4 entretoises filetées.

Les différents éléments nécessaires sont listés dans la nomenclature figurant à la fin de cette troisième partie.

Après avoir effectué tous les perçages, on mettra en place les trois passe-fils pour le passage des torons reliant les transistors des radiateurs aux cartes ampli, on fixera les 4 entretoises FF10M3 pour la carte relayage, puis on montera l'embase secteur, le porte-fusible, la prise d'entrée SUB-D 15 broches et les trois prises de sortie XLR mâles.

Les trois radiateurs, précâblés comme indiqué ci-dessus, seront ensuite fixés à l'aide de vis de 4 mm à tête hexagonale et d'écrous HM4.

Les torons de 9 fils assurant la liaison avec les cartes ampli (d'une longueur de 30 cm environ) traverseront la face arrière par les passe-fils. Arrivé à ce stade, la carte relayage-alimentation sera fixée à

la face arrière et on pourra commencer le câblage, en s'inspirant de la figure 22.

L'utilisation d'une prise Sub-D 15 broches pour l'entrée autorise la distribution des tensions + et - 15 V pour un usage externe éventuel (alimentation d'un préampli par exemple).

On commencera par effectuer les liaisons SB, SG et SD entre la carte relayage et les embases XLR et on précâblera les points AB, AG et AD pour leur liaison ultérieure aux sorties des cartes ampli (6 fils de 1 mm<sup>2</sup>), puis on câblera l'embase secteur et le porte-fusible aux points Ph et Nt de la carte relayage, avec du fil de 0,5 mm<sup>2</sup>.

Suivra ensuite le câblage de la prise J2 avec la carte relayage : +15 Vext, ME et -15 Vext. Les contacts de cette prise sont reliés par groupes de deux (ou trois pour la masse) de manière à obtenir une redondance garantissant l'absence quasi certaine de mauvais contacts.

Les entrées audio seront câblées en symétrique pour assurer au blindage une efficacité maximale.

Un premier toron de liaison avec les

deux cartes de la face avant (égaliseurs/filtres et vu-mètres/protection) passera sur la gauche et sera constitué comme suit :

- 2 fils blindés à 2 conducteurs véhiculant les signaux audio d'entrées gauche et droite, partant de J2 (longueur nécessaire : 1,20 m).

- 8 fils de 0,22 mm<sup>2</sup> pour : +15 V, -15 V, ME, TS1, TS2, cAB, cAG et cAD.

Un deuxième toron (à destination de la carte vu-mètres/protections) passera sur la droite et sera composé des 8 fils suivants :

- 5 fils partant de la carte relayage : AM, CB2, CB1, CdRL+ (fils de 0,22 mm<sup>2</sup>) à destination de la carte vu-mètres/protection et CdRL- (en 0,5 mm<sup>2</sup>) à destination de l'alimentation (-Vee).

- 3 autres fils (de 0,5 mm<sup>2</sup>) partant de l'alimentation (- Vee, MEV et +Vcc) viendront rejoindre ce toron au passage.

## CHÂSSIS, FLANC DROIT ET ALIMENTATION

La figure 23 indique les perçages à effectuer sur la partie inférieure du coffret de

# CHAÎNE TRIPHONIQUE DE 3 x 75 Weff

Figure 25

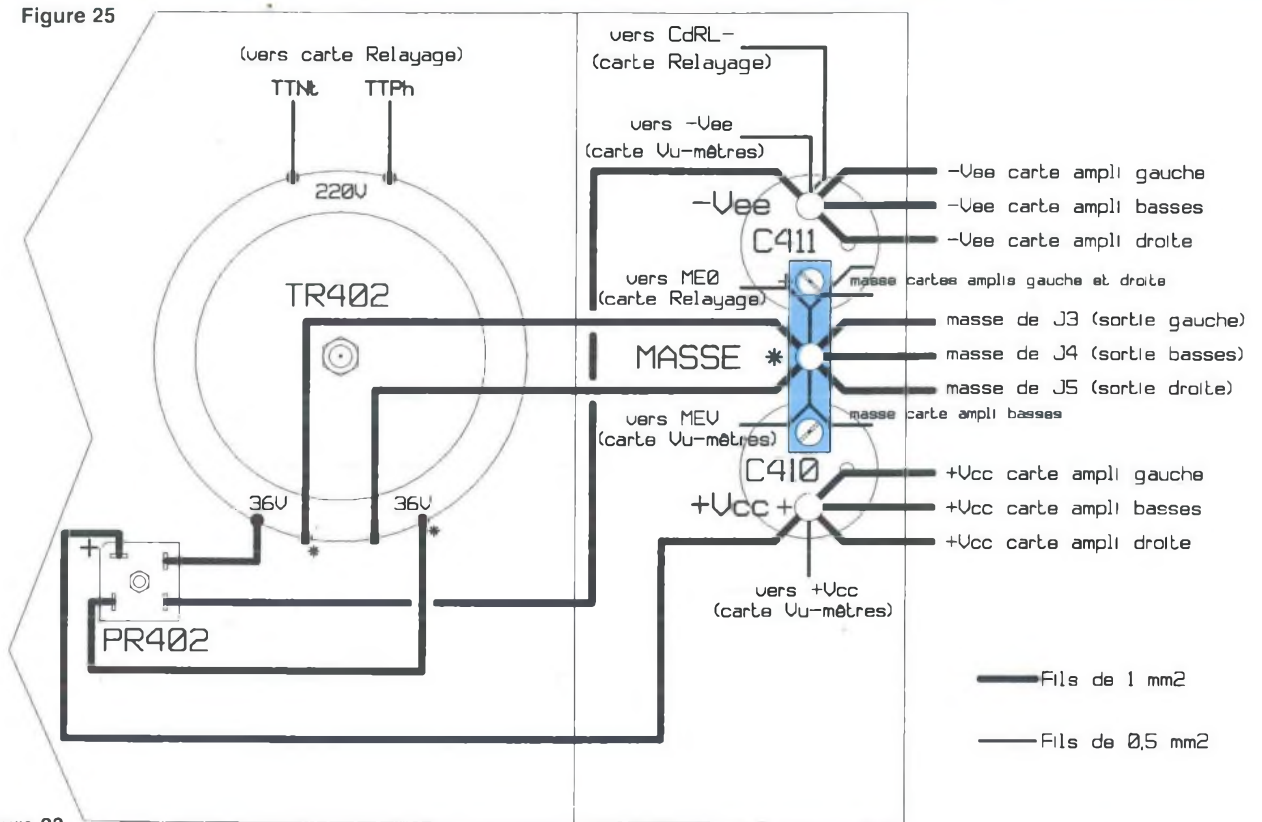
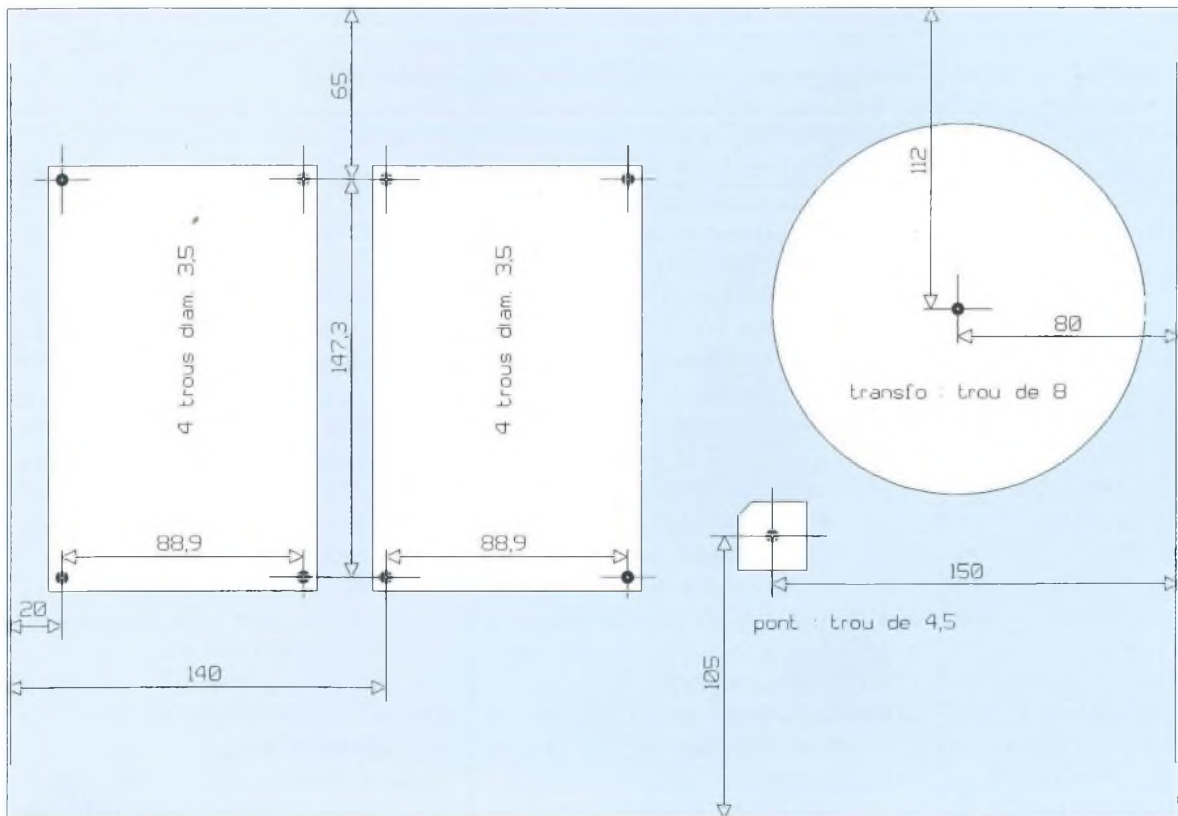
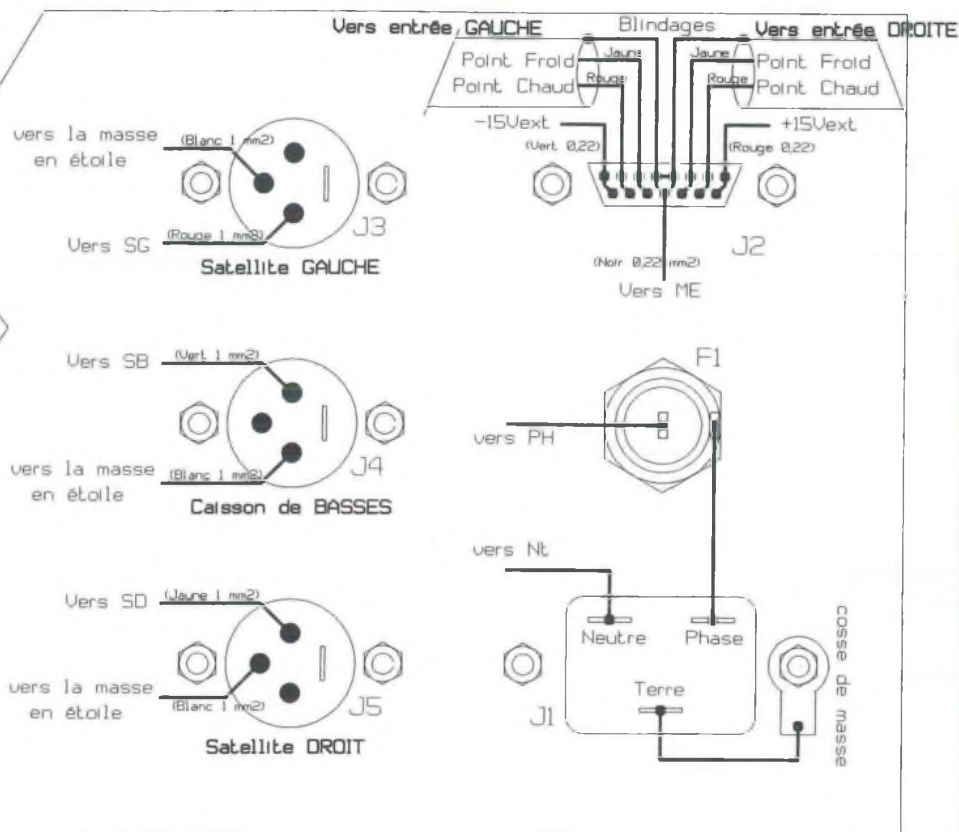


Figure 23



# UNE ÉCOUTE TRISONIQUE

Figure 22



manière à assurer la fixation des trois cartes ampli, du transformateur torique et du pont de redressement de puissance.

La figure 24 donne les côtes de perçages à effectuer sur le flanc droit du coffret chargé de supporter les condensateurs de filtrage munis de leurs brides de fixation. Après perçages, on procédera au montage de ces divers éléments qui constituent l'alimentation de puissance. Une bride de masse, fabriquée à partir d'un morceau de cuivre, d'aluminium ou de laiton, d'une longueur de 70 mm et d'une section d'environ 2 mm par 15 mm, reliera le côté (+) du condensateur C411 au côté (-) de C410. Un boulon de 5 mm, placé au centre de cette bride, servira de masse en étoile.

Un jeu d'entretoises fileté, dont la nomenclature ci-après dresse la liste, permettra de fixer au châssis les trois cartes ampli. La première pour les basses se situe à gauche. Les deux autres, médium/aigu droite et gauche, sont placées l'une sur l'autre, comme l'indique en détails la figure 26. Après montage, l'espace entre les deux cartes ampli médium/aigu est de 35 mm. On fixera les 4 entretoises FF15M3 et les 4 entretoises MF15M3 sur la base du coffret avant de commencer le câblage de l'alimentation de puissance, suivant la figure 25.

Les deux fils du primaire du transformateur torique (généralement de couleur jaune) seront reliés aux sorties TTnT et TTPh de la carte relayage. On repérera ensuite les fils des secondaires : le point milieu sera placé sur le boulon de masse tandis que les deux extrémités iront rejoindre les cosses alternatives du pont PR402.

Pour les liaisons au pont de redressement, on pourra soit souder directement les fils, ou mieux, faire usage de cosses faston 6,35 soudées sur les fils du transfo et serties sur les fils de sorties (+) et (-).

Les connexions aux bornes des condensateurs C410 et C411 seront réalisées à l'aide de cosses rondes de 5,3 mm à sertir.

On remarquera que les retours de masse

Figure 26

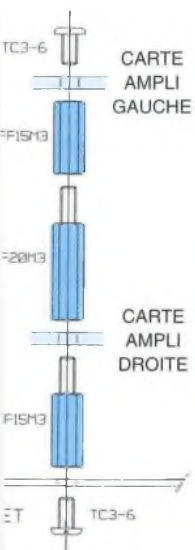
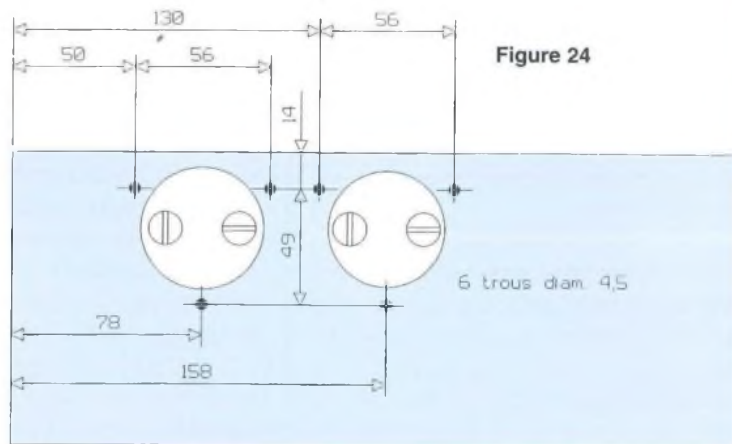
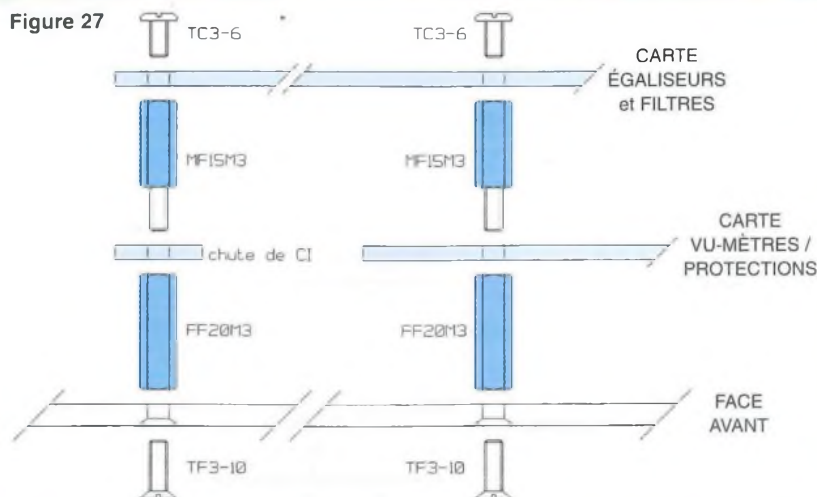


Figure 24



## CHAÎNE TRIPHONIQUE DE 3 x 75 Weff

Figure 27



### NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

#### ELEMENTS HORS CARTES

1 COFFRET ESM ER48/13-300 ou équivalent.

1 transformateur torique 500 VA 2x35 V ou 2x36 V.

2 condensateurs C038 ou C039 15 000 µF-63 V.

2 brides de fixation pour ces condensateurs.

1 pont de redressement carré 25 A.

#### Pour la BASE du COFFRET et le FLANC DROIT

8 entretoises FF15M3

4 entretoises MF15M3

4 entretoises MF20M3

16 vis TC3-6

7 vis TC4-10

7 écrous HM4

1 bride de masse (voir texte)

1 boulon de 5 mm pour la masse en étoile.

#### Pour la FACE AVANT

6 entretoises FF20M3

6 entretoises MF15M3

6 vis à tête cylindrique TC3-6

6 vis à tête fraisée TF3-10.

2 boutons de réglage diam. 21 mm pour axe de 6 mm

18 boutons de réglage diam. 15 mm pour axe de 6 mm

#### Pour la FACE ARRIERE

6 vis à tête hexagonale TH4-12

6 écrous HM4

4 entretoises FF10M3

8 vis à tête fraisée TF3-10

10 vis à tête cylindrique TC3-6

10 écrous HM3

3 passe-fils de 10 mm d'ouverture.

#### CONNECTIQUE pour la FACE ARRIERE

3 embases XLR à contacts mâles

1 embase secteur 3 pôles

1 porte-fusible à visser 6,3 x 32 mm

1 fusible 5 A temporisé (6,3x32)

1 connecteur SUB-D 15 broches

femelles ou éventuellement 2 embases CINCH dorées.

des sorties se font sur la masse en étoile afin d'éviter tout bouclage indésirable et de garantir la stabilité des amplis de sortie.

A ce stade, on peut commencer à assembler le coffret en fixant les longérons (flancs) droit et gauche, puis la face arrière sur le châssis.

Vient ensuite le montage et le câblage des cartes amplis : basses d'abord puis droite et gauche ensuite. Pour chacune de ces cartes, on relie le toron de 9 fils W1

à W9 (venant du radiateur correspondant) en bout de carte, on soude le fil de « sortie HP » venant de la carte relayage (AB, AD, AG) et on établit les liaisons +Vcc, -Vee et masse avec l'alimentation en s'aidant des figures 20 et 25. Ceci fait, on place un fil blindé sur les picots d'entrée.

#### 5 ) FACE AVANT

Nous avons déjà vu dans le précédent numéro (figure 17) comment effectuer les perçages de la face avant du rack 19".

Reste maintenant à monter les cartes vu-mètre/protections et filtres/égaliseurs sur celle-ci : la figure 27 indique le détail du montage de ces cartes. On commence par fixer les 6 entretoises FF20M3 sur la face avant à l'aide de vis à tête fraisée, puis on visse les deux entretoises MF15M3 de gauche en intercalant deux petites chutes de circuit imprimé en guise de rondelles.

On monte ensuite la carte vu-mètre/protections et on effectue son câblage en commençant par le côté gauche qui reçoit les fils -Vee, CdRL+, CB1, AM, CB2, MEV et +Vcc du toron de gauche (voir ci-dessus).

On soude maintenant 3 fils en +15, -15 et Mef sur le côté composants de la carte égaliseurs et filtres et on fait passer les fils du toron de droite qui suivent par le trou situé immédiatement à gauche du potentiomètre P209 : cAB, cAG et cAD (venant de la carte relayage à câbler en SmB, SmG et SmD de la carte vu-mètre/protections), TS1 et TS2.

On soude ces 8 fils sur le côté droit de la carte vu-mètre/protections, ce qui termine son câblage. On met alors en place la carte égaliseurs et filtres en faisant passer les axes des potentiomètres par les trous de la carte vu-mètre/protections et ceux de la face avant et on la fixe sur les entretoises correspondantes.

On termine le câblage du toron de droite en reliant les fils +15V, -15V et ME sur les pastilles concernées de la face cuivre de cette carte. Les fils blindés des entrées sont reliés aux points d et g (points chauds) et aux plans de masse avoisinants (points froids).

Il ne reste plus qu'à raccorder les fils blindés d'entrée des cartes ampli aux sorties B, G et D de la carte égaliseurs et filtres. Le câblage étant terminé, on fixe la face avant sur le coffret et l'ensemble est prêt à fonctionner.

Nous terminerons cette réalisation avec la description du caisson de basses et des enceintes satellites.

à suivre..

Christian Eckenspielle

## SERVICE CIRCUITS IMPRIMÉS

Support verre époxy FR4 16/10 - cuivre 35 µm

	Qté	Circuits non percés	Circuits percés	Total
* Caméra CCD - La tête de caméra (C.I. non découpé aux angles et au centre)		33,50 F	54,00 F	
* Amplificateur triphonique - Carte amplificatrice		63,00 F	102,00 F	
* Capacimètre 20 000 points - Carte analogique - Carte d'entrée (C.I. non découpé aux angles)		67,00 F 34,50 F	109,00 F 56,00 F	
- Carte gamme - Carte Cx		40,00 F 3,50 F	65,00 F 6,00 F	
* Amplificateur 300B - Carte préamplificatrice ECL86 - Carte 300B (Fig 9A) - Carte alimentation stabilisée - Carte filtrage 5 V/6V3		19,00 F 7,00 F 28,00 F 8,00 F	30,50 F 11,00 F 45,50 F 13,00 F	
Numéro d'Abonné :	Remise consentie 25 %		Total TTC x 3 4	
Frais de port et emballage			10 F	
Total à payer			F	

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

Paiement par CCP  par chèque bancaire  par mandat   
 libellé à l'ordre de

**EDITIONS PÉRIODES**

5, boulevard Ney, 75018 Paris  
 Tél. : 01 44 65 80 88 poste 7314

Un abonnement  
 c'est une **économie de 43 F** sur 6 numéros.  
 Une remise permanente  
 de **25 %** sur l'achat de vos circuits imprimés.

# ABONNEZ-VOUS À

# LED

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

**FRANCE, BELGIQUE, SUISSE, LUXEMBOURG : 125 F AUTRES\* : 175 F**

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

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

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

\* Pour les expéditions «par avion» à l'étranger, ajoutez 50 F au montant de votre abonnement.

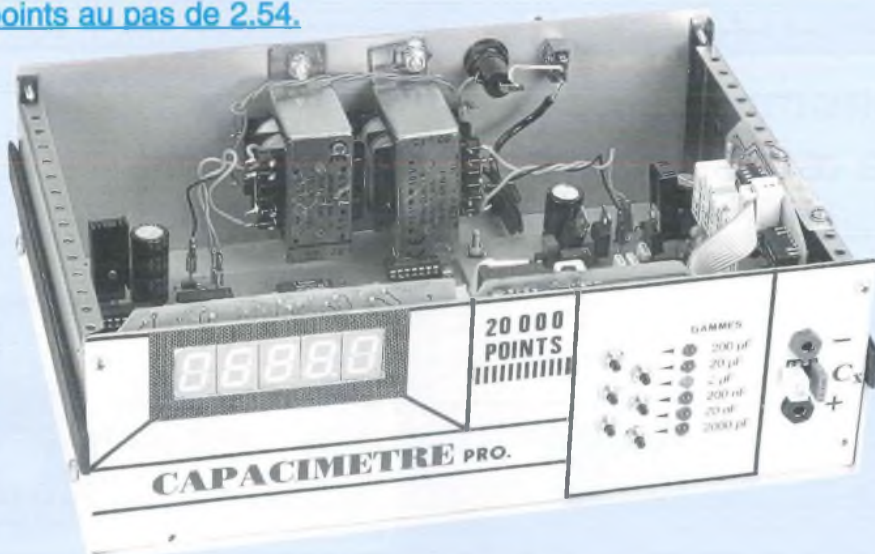
Ci-joint mon règlement par : chèque bancaire  par CCP  par mandat

A retourner accompagné de votre règlement à :

Service Abonnements, **EDITIONS PÉRIODES** 5, boulevard Ney, 75018 Paris Tél. : 01 44 65 80 88 poste 7314

# CAPACIMÈTRE 20 000 POINTS

Après avoir décrit «en profondeur» dans le n°151 le principe de fonctionnement du capacimètre 20 000 points comprenant le module analogique, le sélecteur de gamme, le module numérique et l'alimentation, nous avons commencé la réalisation par les cartes «Numérique» et «Afficheurs», celles-ci s'emboitant l'une dans l'autre par l'intermédiaire d'un connecteur 2x31 points au pas de 2.54.



**N**ous allons terminer ce projet en poursuivant la réalisation des 3 autres cartes imprimées, toutes en double face. Ne pas oublier toutefois le petit circuit simple face de 38 x 15 mm qui reçoit les fiches banane d'entrée et un support de circuit intégré 2 x 4 broches.

\* Carte analogique, 112 x 98 : figures 20, 21, 22

\* Carte d'entrée, 83 x 67 : figures 23, 24, 25

\* Carte gammes, 92 x 72 : fig. 26, 27, 28

\* Carte Cx, 38 x 15 : simple face figure 29.

## LE MONTAGE

La carte afficheurs sera implantée dans le connecteur encartable 2x31 points de la carte numérique, et la carte d'entrée dans le connecteur 15 points de la carte analogique. De plus, il y aura trois nappes d'interconnexions : N1 à 10 fils entre gammes et entrée, N2 à 10 fils entre gammes et numérique, N3 à 16 fils entre numérique et analogique.

On commencera par monter et tester l'alimentation, sur les cartes numérique et analogique. Les régulateurs négatifs débiteront sur une résistance provisoire de 1 k $\Omega$ , sinon ils réguleront mal.

Puis on soude les vias et le connecteur

encartable de la carte analogique ; les vias et le connecteur mâle HE-10 10 points sur la carte d'entrée. On vérifie que la masse et le 8 V parviennent bien sur ce connecteur. On procède ensuite au montage complet de la carte gammes. Les LED seront soudées avec régularité pour l'esthétique. Pour le travail définitif, les six poussoirs doivent être soudés alors qu'ils sont serrés sur la façade. On a donc le choix de les souder provisoirement, puis les retirer pour les remettre lorsque la façade sera prête, ou à réaliser d'abord la façade selon le schéma de la figure 30 ; il s'agit d'un coffret Elbomec LC 860.

On met en place la nappe gammes-entrée, et on branche. On doit constater qu'en appuyant sur chaque poussoir la LED associée reste seule allumée. On peut ensuite monter les cinq relais sur la carte d'entrée avec leur résistance série, et les entendre claquer à chaque changement de gamme. On peut passer au montage de la base de temps sur la carte numérique, et la vérifier à l'oscilloscope, après avoir installé la nappe numérique-analogique. On place ensuite la nappe gammes-numérique, et on monte les commandes d'interrupteurs, qu'on vérifie à l'oscilloscope.

Retour à la carte analogique pour placer T1, le réseau de résistances, et régler les 3 V de U<sub>o</sub>. Puis le montage de la rampe sur C<sub>g</sub> avec les condensateurs de gamme, les résistances 0,1 %, le relais Reed, les deux picots de liaison et CI1. Le MOSFET T2 sera placé en dernier, les pattes court-circuitées avant soudure par une petite pince crocodile. On vérifie cette rampe sans C<sub>x</sub>, et avec C<sub>x</sub>. C'est au tour des CI 3, 4, 5 et T11. La sortie s4 doit être telle que sur les photos présentées, e-5 ne reproduisant que le départ de la rampe. On passe au 1,4 V et la rampe sur U<sub>co</sub>, qui doit apparaître telle que présentée. La commutation mesure calibrée-mesure non calibrée est prévue par un petit fil s'embrochant sur deux des trois picots de la carte. On termine la carte analogique par le comparateur.

On revient à la carte numérique pour

# PRÉCISION ET STABILITÉ

Figure 20

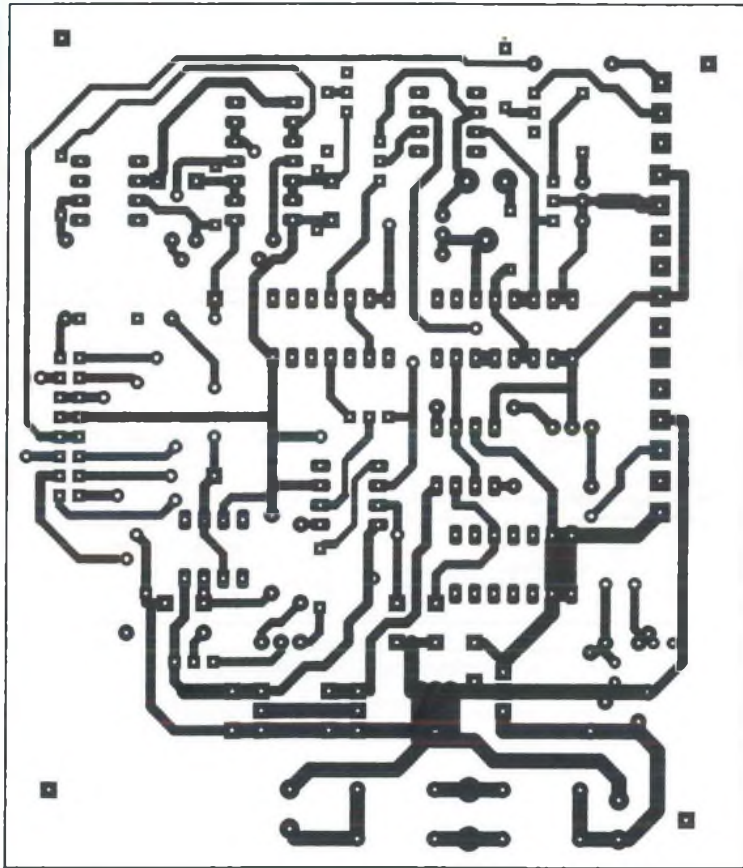


Figure 21

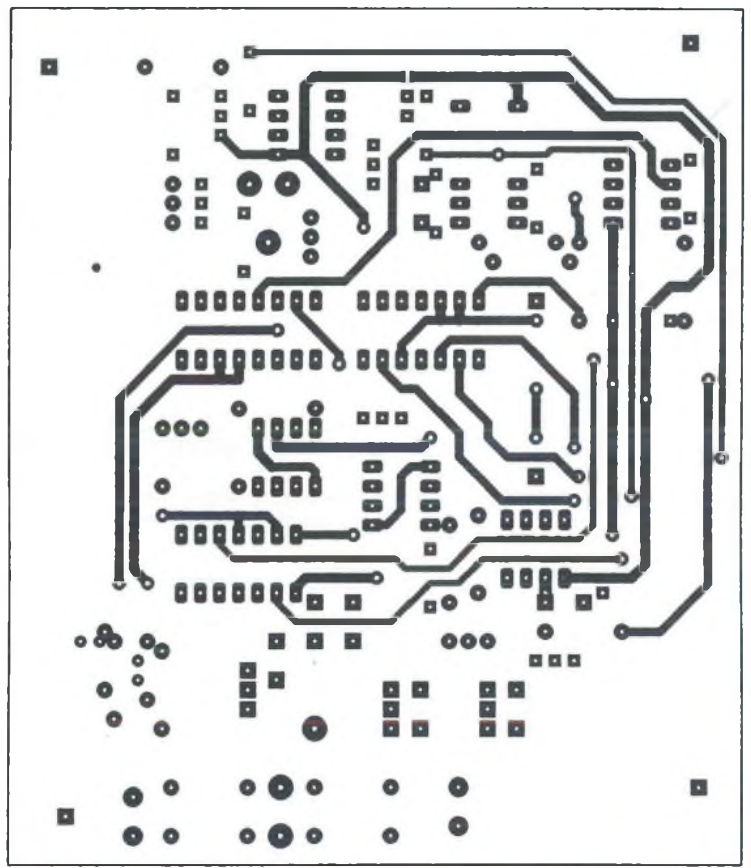
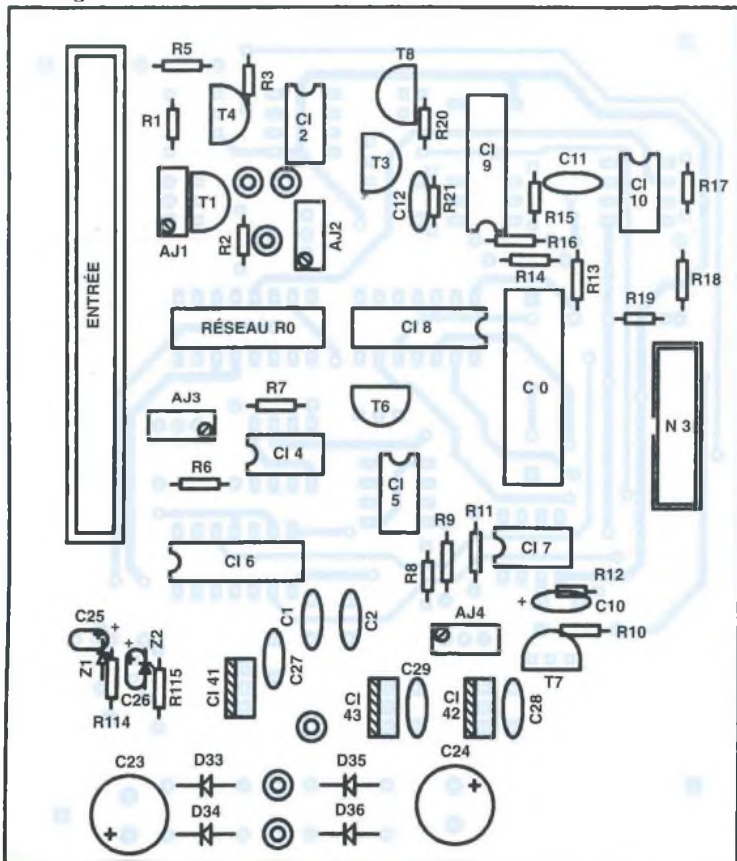


Figure 22



## NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

### CARTE ANALOGIQUE

#### - Résistances

R1 : 4,7 kΩ  
 R2 : 4,7 MΩ  
 R3 : 33 kΩ  
 R5 : 10 kΩ  
 R6, R7, R8, R9 : 10 kΩ  
 R10 : 47 kΩ  
 R11 : 100 kΩ / 1 %  
 R12 : 22,1 kΩ / 1 %  
 R13 : 10 Ω / 1 %  
 R14 : 4,75 kΩ / 1 %  
 R15 : 1 kΩ / 1 %  
 R16, R17 : 51,1 kΩ / 1 %  
 R18, R19 : 3,9 kΩ  
 R20 : 68 kΩ  
 R21 : 22 kΩ  
 R114 : 680 Ω  
 R115 : 1,2 kΩ  
 Ro : réseau DIL : 22 kΩ

#### - Ajustables

Aj1 : 10 kΩ  
 Aj2 : 1 kΩ  
 Aj3 : 200 kΩ  
 Aj4 : 200 kΩ

#### - Condensateurs

C0 : 3,3 μF  
 C1, C2 : 10 nF  
 C10 : 2,2 μF / 16 V tantale  
 C11 : 100 nF  
 C12 : 1 nF  
 C23, C24 : 1 000 μF / 35 V  
 C25, C26 : 2,2 μF / 35 V tantale  
 C27 : 220 nF  
 C28, C29 : 470 nF

#### - Semiconducteurs

CI2 : OP77  
 CI4 : TLC 271  
 CI5 : TLC 271  
 CI6 : 4066

CI7 : TL081  
 CI8 : 4016  
 CI9 : 4016  
 CI10 : CA3140  
 CI41 : 7808  
 CI42 : 7908  
 CI43 : 7912  
 T1 : 2N3819  
 T3 : 2N3820  
 T4 : BC337  
 T6 : 2N3819  
 T7 : BC337  
 T8 : BC337  
 Z1 : Zéner 15 V  
 Z2 : Zéner 10 V  
 D33 à D36 : 1N4004

#### - Divers

N3 : Connecteur HE10, 2x8 points (mâle + femelle)  
 1 connecteur encartable 15 points, pas 3,96  
 6 picots (mâle + femelle)

# CAPACIMÈTRE NUMÉRIQUE 20 000 POINTS

Figure 23

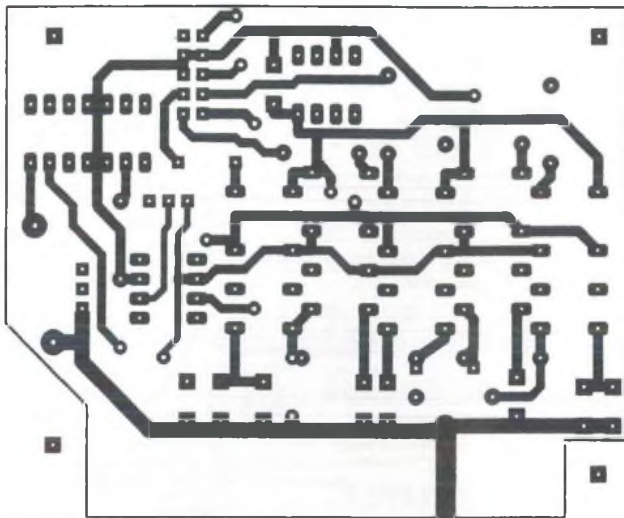


Figure 24

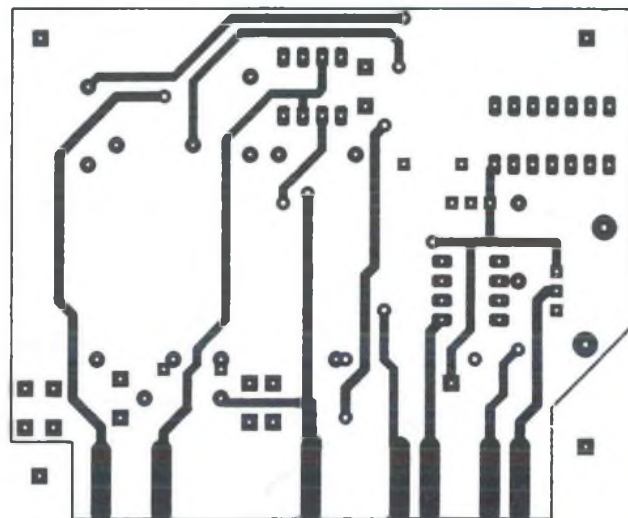
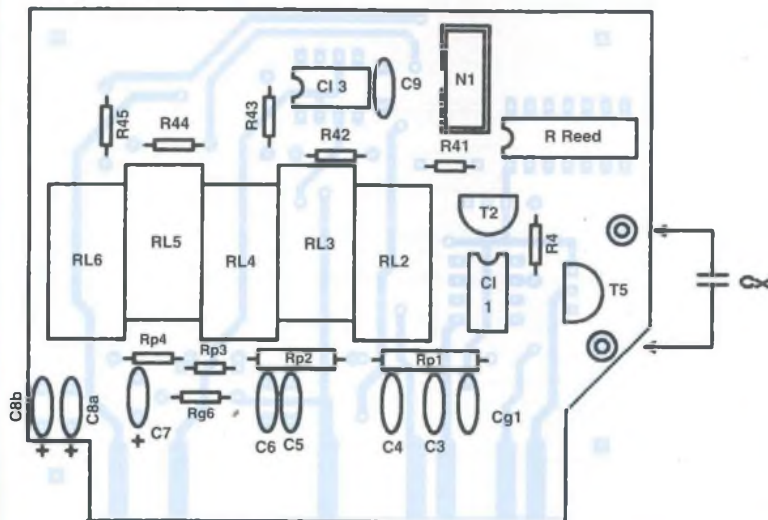


Figure 25



## NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

### CARTE D'ENTRÉE

#### - Résistances

Rp1 : 9 M $\Omega$  / 0,1 %  
 Rp2 : 900 k $\Omega$  / 0,1 %  
 Rp3 : 90 k $\Omega$  / 0,1 %  
 Rp4 : 9 k $\Omega$  / 0,1 %  
 Rg6 : 1 k $\Omega$  / 0,1 %  
 R4 : 470  $\Omega$   
 R41 à R45 : 560  $\Omega$

#### - Condensateurs

Cg1 : 1 nF film plastique  
 C3 : 6,8 nF  
 C4 : 2,2 nF  
 C5 : 100 nF  
 C6 : 1  $\mu$ F  
 C7 : 10  $\mu$ F, 16 V tantale

C8a, C8b : 47  $\mu$ F, 16 V tantale  
 C9 : 220 nF

#### - Semiconducteurs

T2 : BS 170  
 T5 : BC 557  
 CI 1 : OP 77  
 CI 3 : OPA 604

#### - Divers

1 relais Reed 1T / 12 V  
 RL2 à RL6 : relais 2RT/12V Finder 30.22S  
 2 picots (mâle + femelle)  
 N1 : connecteur HE-10 2x5 points (mâle + femelle)

monter le monostable et les circuits d'ouverture de portes, qu'on vérifie. Il ne reste plus qu'à terminer avec les décades, le dépassement, et la carte afficheurs. Le connecteur 2x31 points doit être amputé de son oreille gauche, et le flanc gauche doit être un peu raboté à l'avant. Les cartes numérique et analogique sont fixées uniquement aux flancs par deux vis, avec deux entretoises pour la carte numérique qui doit être basse. On place deux autres vis sur chacune de ces cartes, avec entretoises pour la carte analogique, pour maintenir l'écartement

avec le fond du coffret. La carte Cx est fixée en façade par deux douilles banane, et porte deux supports superposés de circuit intégré 8 broches, permettant de tester 4 capacités en parallèle. Le brochage des nappes est donné à la figure 31.

## REGLAGES. MESURES. CONCLUSIONS

Aj1 a été réglée en cours de montage. Il faut régler ensuite les zéros sur chaque gamme par Aj5 à Aj10. Pour cette opération, il vaut mieux annihiler l'interdiction

du 19 999 en reliant R70 au 5 V (un picot est prévu pour cela).

Le premier réglage de linéarité se fera ensuite par Aj3 en gamme 4, avec des condensateurs de test en film plastique. Sur l'appareil présenté, le réglage a été effectué avec Cx1 marqué 1  $\mu$ F et Cx2 marqué 680 nF, en mesures non calibrées. Le tableau A indique les mesures obtenues en butées, et le réglage adopté. Pour vérifier la linéarité sur toute la gamme, on a utilisé de plus Cx3 marqué 470 nF, et Cx4 marqué 220 nF.

Les résultats obtenus, concluants, sont



Figure 26

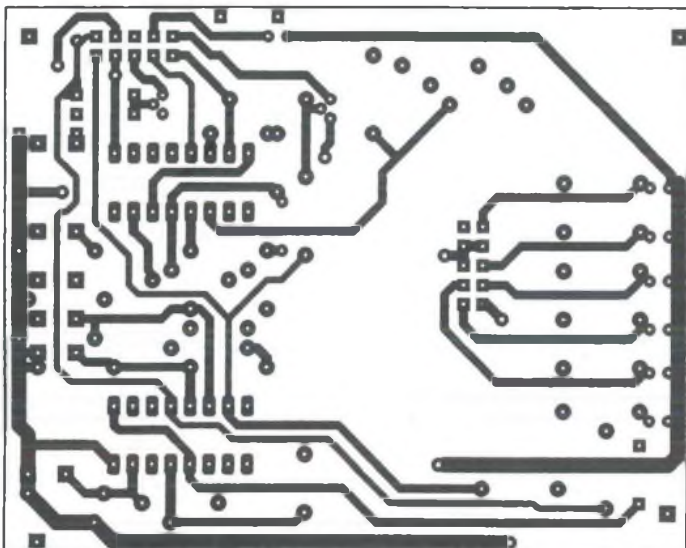


Figure 27

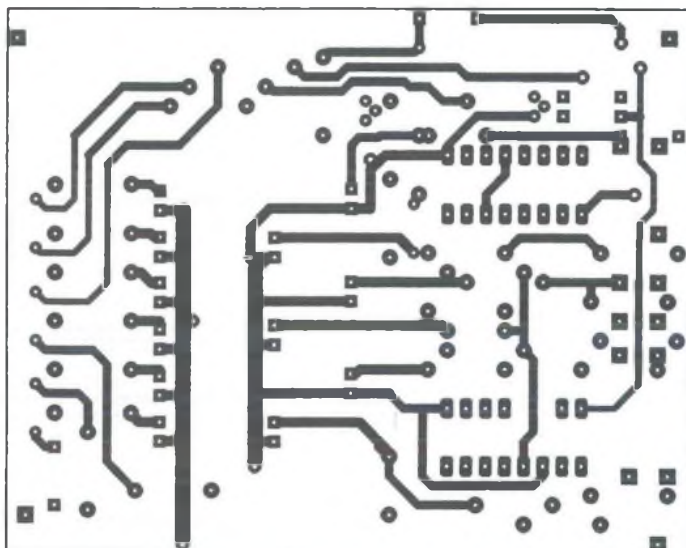
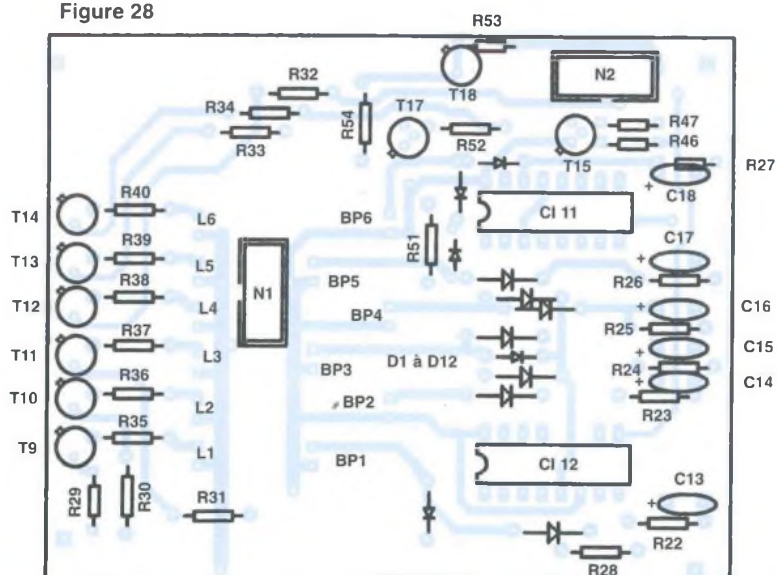


Figure 28



## NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

### CARTE GAMES

#### - Résistances

R22 à R28 : 39 k $\Omega$   
 R29 à R34 : 33 k $\Omega$   
 R35 à R40 : 1,2 k $\Omega$   
 R46 : 100 k $\Omega$   
 R47 : 100 k $\Omega$   
 R51 à R54 : 27 k $\Omega$

#### - Semiconducteurs

CI 11, CI 12 : 4042  
 T9 à T17 : BC 557  
 D1 à D12 : 1N4148

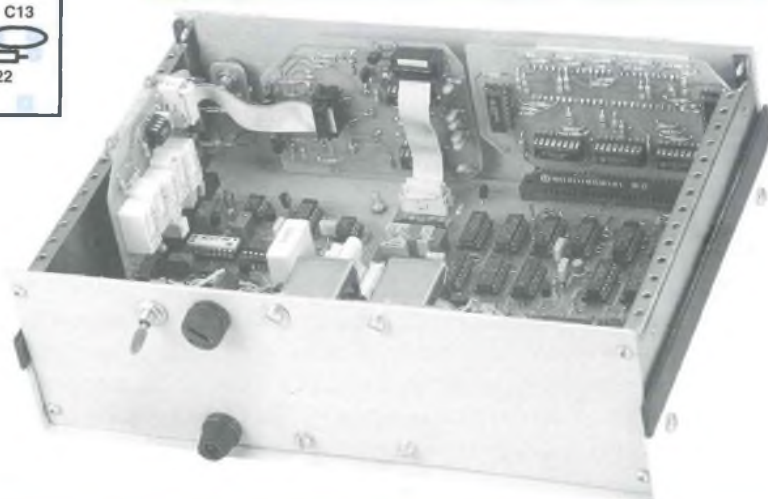
#### - Divers

N1-N2 : connecteur HE-10  
 2x5 points (mâle + femelle)  
 6 poussoirs fugitifs miniature  
 6 diodes LED

#### - Condensateurs

C13, C18 : 10  $\mu$ F / 16 V tantale

Figure 29



# CAPACIMÈTRE NUMÉRIQUE 20 000 POINTS

## NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

### DIVERS EN COMPLÉMENT

- 1 transfo 2x6 V / 8 VA
- 1 transfo 2x15 V / 8 VA
- 1 interrupteur à levier
- 1 porte-fusible + fusible
- 1 coffret Elbomec LC 860
- 2 douilles banane
- Nappe 16 conducteurs : 20 cm
- 1 barrette tulipe sécable 64 points

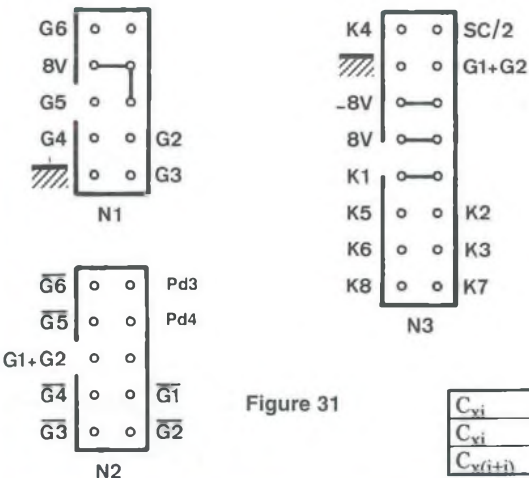


Figure 31

Figure 30

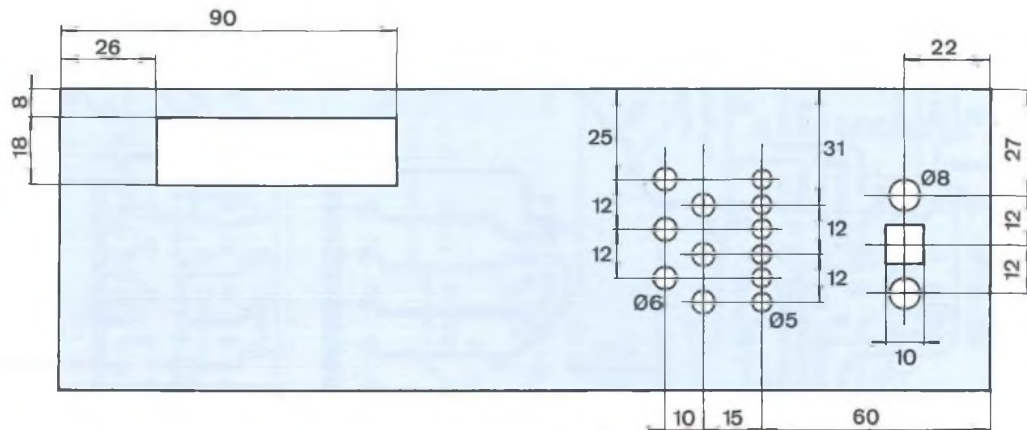


Tableau A

	Butée 1	Butée 2	Réglage
$C_{v1}$	1017,7	1022,5	1020,6
$C_{v2}$	644,6	647,2	646,2
$C_{v(1+2)}$	1661,2	1670,5	1666,8

Tableau B

$C_{vi}$	1020,6	1020,6	1020,6	646,2	646,2	529,2
$C_{vj}$	646,2	529,2	213,2	529,2	213,2	213,2
$C_{v(i+j)}$	1666,8	1549,8	1233,9	1175,3	859,3	742,4

ceux du tableau B. On est passé ensuite en mesure calibrée, pour accorder les résultats avec ceux d'un capacimètre 2 000 points du commerce, admis bien calibré, un Wavetek CR 50. Les mesures des deux appareils se sont révélées cohérentes, les résultats précédents étant modifiés en : 1015,9 nF (1016 pour le CR 50) ; 643,3 nF (643), 526,7 nF (526) ; 212,2 (213).

Pour le réglage de Aj4, on peut varier la technique en rendant l'affichage en gamme 2 parfaitement cohérent avec celui obtenu en gamme 3. Les deux gammes emploient en effet la même Rg, donc aucun écart ne se justifierait. On a ainsi réglé une mesure à 18,708 nF pour s'accorder avec 18,71 (en laissant un peu

le hasard décider de la valeur précise). La vérification de linéarité avec des condensateurs marqués 10 nF et 8,2 nF a donné : 10,354 nF ; 8,183 nF et 18,536 nF.

Les autres vérifications de gammes consécutives ont donné, toujours avec des films plastique :

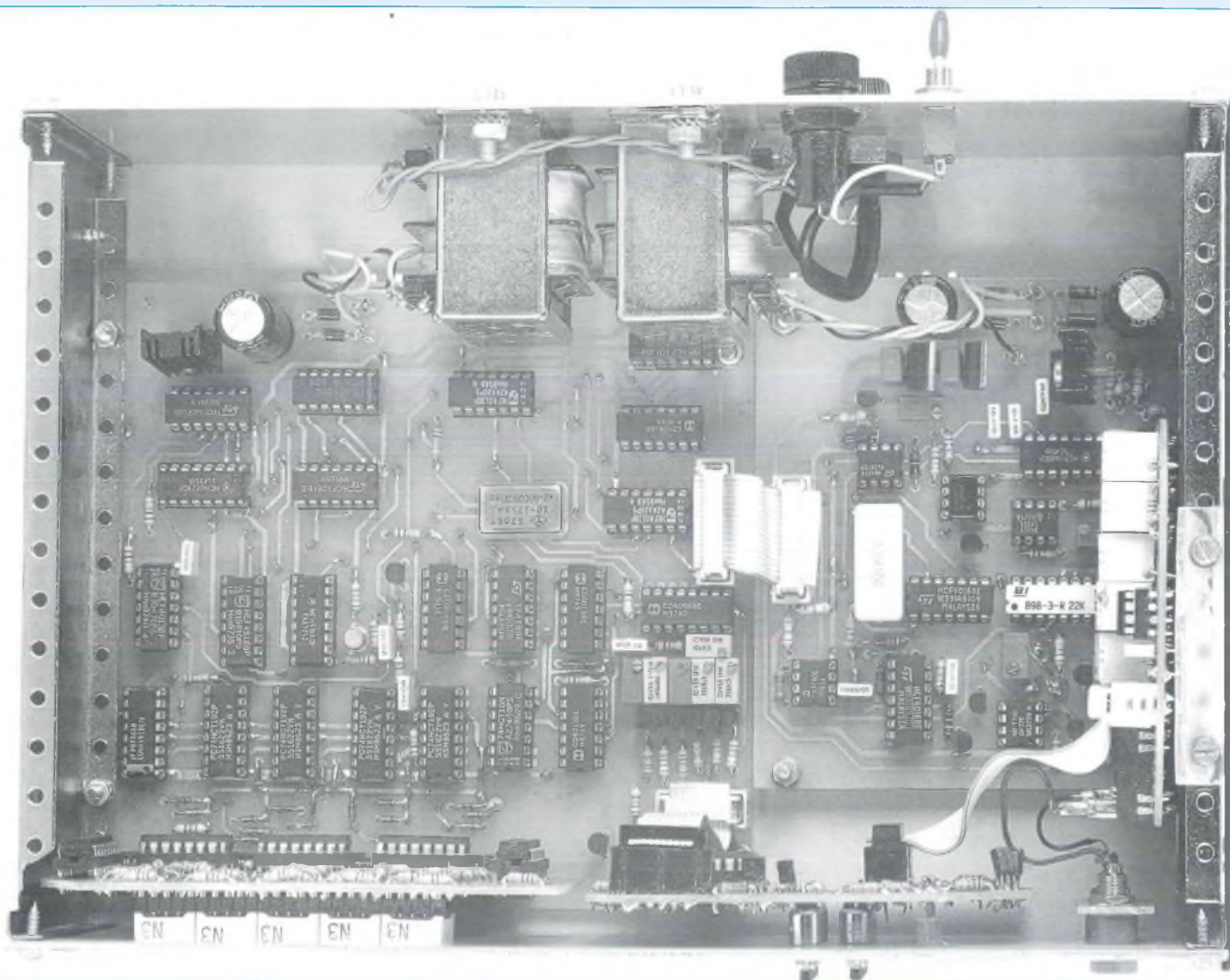
- 1898,4 pF et 1,902 nF
- 182,98 nF et 183,0 nF
- 1814,3 nF et 1,812  $\mu$ F
- 15,424  $\mu$ F et 15,48  $\mu$ F

Jusqu'à 0,2 %, un écart est justifiable, bien que probablement non explicable, par la tolérance des Rg. Il n'est dépassé que dans le dernier cas, et nous n'avons pas l'explication. Par contre, en ajoutant 270 k $\Omega$  en parallèle sur Rg6, les résultats sont devenus 15,409  $\mu$ F et 15,42  $\mu$ F. Les

extrémistes pourront figoler davantage les Rg ou prévoir un calibrage par gamme.

L'examen de la gamme 1 est intéressant. La comparaison des mesures de condensateurs au mica argenté sur cet appareil et le CR50 a donné :

179,6 pF (179,2) ; 474,7 pF (470) ; 997,1 pF (999). Ainsi, ce n'est pas le même appareil qui donne toujours le plus grand résultat, donc l'un au moins des deux n'est pas linéaire et doit être condamné ? Pas du tout, ils ont tous deux leur linéarité avec ces mica. L'anomalie est donc imputable à la qualité des condensateurs. La capacité C n'a de sens que si Q/U est bien une constante. Dans ce cas, toutes les méthodes de



mesure correctes doivent donner le même résultat. Mais si ce n'est pas le cas, les résultats n'ont plus lieu d'être identiques. Les condensateurs mica ont d'après ces observations une réputation de qualité surfaite, et l'indication 1 % qu'ils portent paraît sans objet.

Les condensateurs céramique donnent des mesures dérivantes. Ainsi un céramique disque marqué 1 nF a-t-il dérivé de 870 à 895 pF sur les deux appareils. Un céramique plaquette miniature s'est à peu près stabilisé à 851 pF sur notre appareil et 825 pF sur le CR 50. Ces condensateurs ne justifieraient pas la mesure avec un 200 points.

Par contre un condensateur ajustable, évidemment plus fiable, a donné pour les

réglages extrêmes et un réglage intermédiaire : 16,1 pF (16,0) ; 90,5 pF (90,5) ; 147,2 pF (147,3). Il faut transférer très précautionneusement le condensateur d'un appareil à l'autre, en évitant de toucher les lames.

Les films plastique ont aussi une vraie capacité : on a mesuré par exemple 1896,5 pF (1,897 nF) ; 1011,3 pF (1,011 nF) ; 481,3 pF (0,481 nF).

Les chimiques dérivent aussi, y compris les tantale, mais alors pourquoi en a-t-on placés à l'intérieur ? Parce que la dérive de  $C_g$  est sans importance, la valeur précise n'influençant pas le résultat.

Georges Lavertu

## ERRATUM Led 151

**Fig 2** : inverser K1 et K2

**page 29, 3<sup>e</sup> colonne** : mais prépare la phase 2 (au lieu de phase 3)

**page 29, 3<sup>e</sup> colonne** : les mêmes conditions qu'en phase 0 (au lieu de phase 1)

**page 31, 1<sup>e</sup> colonne** : qu'en phase 0 (au lieu de phase 1)

**page 32, 3<sup>e</sup> colonne** :

$$\text{Puis } e+10 = VC \frac{R16 + R17}{R16 + R17 + R15} = 1,4$$

**page 33, 1<sup>e</sup> colonne** : Rob Rod (au lieu de Rob Tob, dans formule)

**Fig 10** :  
anode D31, lire A34  
(au lieu de A)  
anode D32, lire B34  
(au lieu de B)

**Nomenclature carte «Affichage»** :  
CI35 à CI39 : 4543 et non 4593

# UN CAISSON D'EXTRÊME GRAVE

C'est en 1993 que nous vous avons présenté l'enceinte EURIDIA (Led numéros 114 et 115). Cette dernière a remporté un franc succès. Ses qualités techniques et acoustiques intrinsèques ont séduit de nombreux amateurs et de nombreux professionnels. Vous êtes encore nombreux à réclamer des copies des plans en tirés à part, puisque les deux numéros de 1993 sont épuisés, c'est pourquoi, nous envisageons d'ailleurs une nouvelle publication afin de satisfaire vos désirs. Outre-atlantique, EURIDIA est aussi à l'honneur. Fabriquée et commercialisée sous licence au Canada, elle fait le bonheur de nos cousins audiophiles d'Amérique du nord.

**A** la fin de l'étude d'EURIDIA nous vous avons parlé d'un projet de caisson de grave, afin de compléter notre deux voies. Six ans plus tard, nous tenons parole. Les esprits chagrins rétorqueront qu'il s'est fait attendre. Mea culpa et comme le dit le vieux proverbe «mieux vaut tard que jamais». Vous n'avez donc rien perdu pour attendre. Pour tout vous dire, un enchaînement d'événements nous a contraints à différer le projet. Les études d'acoustique nécessitent du temps et beaucoup d'énergie. De plus, il fallait un caisson de grave à la hauteur pour compléter l'enceinte deux voies EURIDIA. Faire une boîte qui fait «boom-boom», est à la portée de tout le monde. En revanche, nous estimons qu'une publication se doit d'apporter nouveauté et surprise. Le moment est venu d'en parler et de vous dévoiler cette réalisation exceptionnelle.

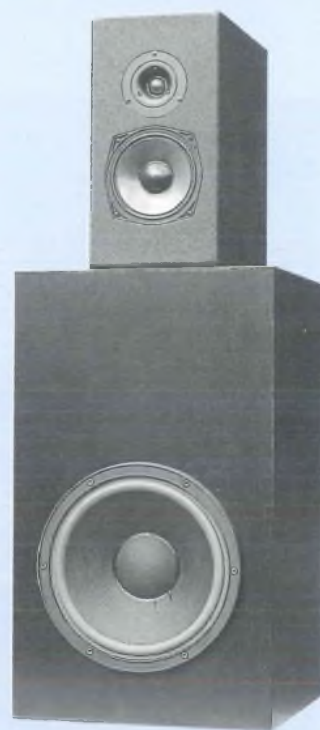
On a tendance à banaliser les composants habituels, mais faut-il rappeler que ceux qui sont en apparence simples, sont souvent les plus complexes ? Manipuler un haut-parleur électrodynamique, avec

son circuit magnétique, sa bobine mobile et sa membrane, permet de découvrir le grand nombre de paramètres électriques et mécaniques. Tous ces paramètres interdépendants vous compliquent votre vie de technicien coupeur de décibel en quatre. Quant à nous, nous recherchons une grande qualité, ce qui n'est pas une mince affaire.

Pour faire du son il faut déplacer de l'air et nous allons en déplacer, pas seulement en brasser comme certains, suivez mon regard !

## L'INFORMATIQUE A NOTRE SECOURS

En acoustique les valeurs fournies par les mesures permettent d'obtenir des informations qui alimentent les formules et équations complexes des calculs. Mais malheureusement chaque fois qu'un paramètre est modifié, on est obligé de recommencer la plupart des mesures, puis de recalculer pour vérifier ou constater les effets. Ce travail fastidieux prend du temps et nécessite beaucoup de patience.



Heureusement, l'informatique vient à notre secours. Maintenant, il existe des logiciels puissants ainsi que des cartes d'acquisition qui assistent les ingénieurs aussi bien pour les mesures que pour les simulations ou les calculs. Ces outils informatiques complexes et onéreux nécessitent toutefois un apprentissage sérieux et une pratique irréprochable.

Le problème se corse surtout pour les calculs de filtres complexes, particulièrement pour celui que nous allons utiliser dans notre étude. Les logiciels présentent l'avantage primordial de permettre des simulations qui font gagner un temps précieux. Elles offrent d'innombrables possibilités de tentatives et d'essais, jusqu'aux plus extravagants. Ceci permet de faire progresser la technique au profit de la qualité des résultats.

Afin de couper court à tout discours négatif que certains techniciens se complaisent à clamer partout, nous affirmons qu'avec les logiciels sérieux de mesures et de simulations, on obtient des résultats très précis. Nos réalisations sont la copie conforme de nos investigations à l'aide d'outils informatiques. Ceci prouve la

# UN GRAVE IMPRESSIONNANT

Figure 1 - Courbe de réponse du PR 330M0 monté sur un baffle C.E.I.

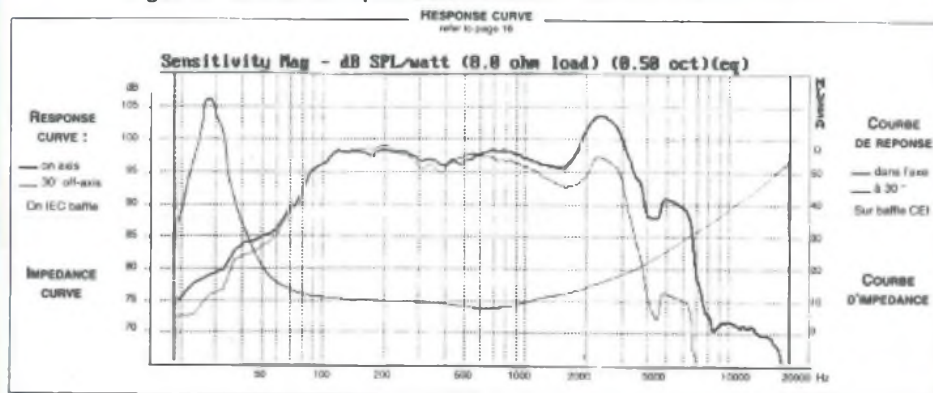
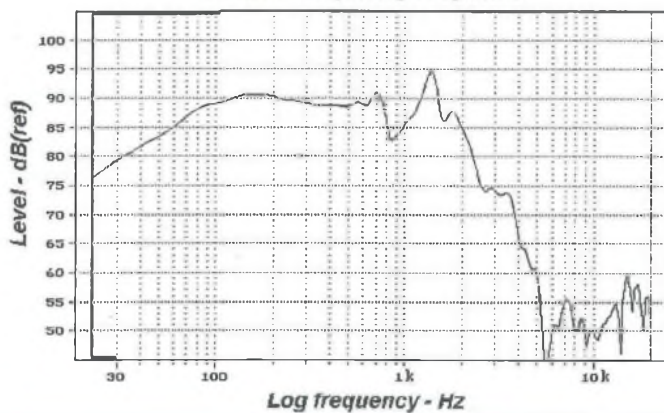


Figure 2 - courbe de réponse du 13 VX FOCAL sur baffle C.E.I.  
On axis frequency response



puissance de l'informatique et l'exactitude des mesures. Reste que l'oreille humaine portera le jugement définitif en appréciant ce qu'aucun ordinateur (heureusement) n'a encore pu remplacer : «l'écoute».

## DROIT AU BUT

Jean-Claude GAERTNER et moi-même avons le plaisir de vous proposer deux exceptionnels caissons de grave. Notre objectif reste le même que dans le cas d'EURIDIA : le haut de gamme. Nous vous proposons deux caissons d'un volume différent avec deux modèles d'un haut-parleurs, ceci pour permettre à chacun de réaliser son système en fonction de ses moyens financiers et de la place disponible dans son salon.

Un problème constant le volume, rien à faire, les lois physiques sont immuables. Pour produire des sons graves puissants

il faut de l'énergie et par conséquent déplacer de l'air. On peut tourner et retourner le problème : sans un certain volume, pas de succès, à moins que ...

Pour le dire brièvement, dans cette première partie nous nous contenterons si j'ose dire, de l'aspect pratique. La deuxième partie sera consacrée à une explication détaillée de notre étude et un complément sur l'électronique, indispensable pour atteindre les objectifs.

Voici donc les traits principaux de notre étude. Nous vous proposons deux caissons. Le premier d'un volume de 55 litres est équipé du haut-parleur FOCAL 13VX. Le second, plus volumineux recevra le PR330M0 fabriqué par AUDAX. Les deux transducteurs ont un diamètre de 33 cm et offrent les caractéristiques nécessaires à notre projet. Le caisson de 75 litres présente le meilleur rapport qualité-prix pour un encombrement encore raisonnable.

En revanche, le 55 litres reviendra plus cher mais le gain sera appréciable.

Le 13 VX FOCAL coûte environ 3500 Frs TTC (530 EUROS) et le PR330M0 d'AUDAX, plus économique, ne vaut que 1 500 Frs TTC (230 Euros). Chacun choisira en son âme et conscience (et son porte monnaie). Mais quel que soit le volume choisi, le résultat final sera identique. Ainsi, c'est du prix du haut-parleur que dépend le coût total des enceintes. Les deux caissons présentent les mêmes caractéristiques :

- une fréquence d'accord de 25 Hz à -3dB ;
- une dynamique de 110 dB réels, sans compression.

Actuellement, certains caissons descendent presque aussi bas, mais lorsqu'on leur demande de la puissance, le grave s'écroule lamentablement.

Pour obtenir les résultats sur lesquels nous comptons, il est impossible de se passer d'électronique. Nous utiliserons et publierons un filtre actif qui se chargera du filtrage dans la bande passante qui nous intéresse. Un circuit actif de compensation peu ordinaire complètera le montage. L'ensemble permettra d'obtenir un système triphonique ou un aiguillage standard stéréophonique.

Les figures 1 et 2 représentent les courbes de réponse efficaces de chaque modèle de haut-parleur .

Les tableaux 1 et 2 dévoilent les valeurs quasi complètes des caractéristiques de ces deux transducteurs de qualité.

## LES MATERIAUX

Nous sommes toujours fidèles à notre matériau préféré : l'aggloméré CTBH.

Nous n'avons rien de mieux pour la fabrication des enceintes acoustiques. Ce type de panneau est désormais couramment vendu par tous les spécialistes du bricolage. Attention aux imitations, comme d'habitude, dès qu'un produit se vend bien, les copieurs s'affairent pour profiter du gâteau. En effet, nous avons constaté que des clones sont vendus un peu partout. Il

# CAISSON EXTRÊME GRAVE AVEC 13 VX FOCAL OU PR330M0 AUDAX

Tableau 1 - SPECIFICATIONS DU PR330M0 AUDAX

Impédance nominale	Z	8	$\Omega$
Fréquence de résonance	Fs	28	Hz
Puissance maximum	P	150	W
Rendement	E	98	dB
Diamètre de la bobine mobile	$\varnothing$	70	mm
Impédance minimum	Zmin	6,3	$\Omega$
Résistance continue	Re	5,8	$\Omega$
Inductance de la bobine mobile	Lbm	0,38	mH
Longueur de la bobine	h	15	mm
Matériau de la bobine		Kapton	
Nombre de couche de la bobine	n	1	
Dimensions de l'aimant	$\varnothing \times h$	184x20	mm
Poids de l'aimant	m	1,91	kg
Densité du flux	B	1,2	T
Facteur de force	BL	13,5	NA <sup>-1</sup>
Hauteur de l'entrefer	He	7	mm
Excursion linéaire de la membrane	Xmax	$\pm 4$	mm
Compliance de la suspension	Cms	$0,65 \cdot 10^{-3}$	mN <sup>-1</sup>
Facteur mécanique Q	Qms	6,69	
Facteur électrique Q	Qes	0,28	
Facteur Q total	Qts	0,27	
Résistance mécanique	Rms	1,34	kg s <sup>-1</sup>
Masse mobile	Mms	$52 \cdot 10^{-3}$	kg
Surface effective du cône	S	$5,38 \cdot 10^{-2}$	m <sup>2</sup>
Volume d'air équivalent au Cas	Vas	$264 \cdot 10^{-3}$	m <sup>3</sup>
Poids du haut-parleur	M	8	kg

Tableau 2 - SPECIFICATIONS DU 13VX FOCAL

Impédance nominale	Z	8	$\Omega$
Fréquence de résonance	Fs	30	Hz
Puissance maximum	P	225	W
Rendement	E	91	dB
Diamètre de la bobine mobile	$\varnothing$	77	mm
Impédance minimum	Zmin		$\Omega$
Résistance continue	Re	6,1	$\Omega$
Inductance de la bobine mobile	Lbm	1,56	mH
Longueur de la bobine	h	22	mm
Matériau de la bobine		Alu noir	
Nombre de couche de la bobine	n	1	
Dimensions de l'aimant	$\varnothing \times h$	231xmulti	mm
Poids de l'aimant	m	0,233x12	kg
Densité du flux	B	1,02	T
Facteur de force	BL	17,1	NA <sup>-1</sup>
Hauteur de l'entrefer	He	10	mm
Excursion linéaire de la membrane	Xmax	$\pm 4$	mm
Compliance de la suspension	Cms	$0,29 \cdot 10^{-3}$	mN <sup>-1</sup>
Facteur mécanique Q	Qms	2,52	
Facteur électrique Q	Qes	0,37	
Facteur Q total	Qts	0,32	
Résistance mécanique	Rms	7,085	kg s <sup>-1</sup>
Masse mobile	Mms	$94,6 \cdot 10^{-3}$	kg
Surface effective du cône	S	$5,13 \cdot 10^{-2}$	m <sup>2</sup>
Volume d'air équivalent au Cas	Vas	$117 \cdot 10^{-3}$	m <sup>3</sup>
Poids du haut-parleur	M	12,5	kg

y a CTBH et CTBH. Seule la marque ISOROY (créateur et producteur) présente la qualité requise. Les panneaux se reconnaissent aisément car les deux faces présentent un aspect bien poncé, de grain très fin, de couleur verte. L'aggloméré est constitué d'un mélange de particules nobles, sans paille. D'ailleurs, rien qu'à l'odeur on est capable de reconnaître la qualité des panneaux. L'ISOROY sent le vrai bois alors que l'imitation embaume fortement la paille. Cette précision n'est pas inutile car la qualité intrinsèque du matériau s'en ressent. De surcroît, les coupes et perçages sont propres. Chez Leroy Merlin, nous avons trouvé des panneaux de CTBH ISOROY très pratiques par leurs dimensions, 0,60x1,50 m qui permettent un transport facile, pour ceux qui envisagent d'effectuer la coupe eux-mêmes. Dernier conseil concernant l'aggloméré, si vous le faites couper par le vendeur, allez-y le matin de bonne heure car chez les deux grands du bricolage, les lames de scie au carbure sont remplacées tous les matins à l'ouverture. Vous obtiendrez des coupes précises, propres et comme c'est le début de la journée les vendeurs/débiteurs n'ont pas encore subi de stress. En leur demandant poliment d'être précis sur les dimensions c'est vous qui bénéficierez du confort de montage.

Les tasseaux de renforts sont en bois tendre (du sapin par exemple) d'une part parce que c'est un matériau standard, mais aussi parce que nous nous sommes aperçus que les renforts en bois dur (chêne ou hêtre) présentent un important défaut : ils transmettent et amplifient les vibrations d'un panneau vers l'autre. Alors qu'ils doivent améliorer la tenue mécanique, ils créent des vibrations parasites indésirables et néfastes. Au contraire, un bois tendre les inhibera efficacement en vertu du principe du silenblock. Attention ! Les producteurs ont la fâcheuse habitude de proposer leurs propres dimensions de tasseaux. Nous nous sommes ainsi retrouvés avec des tasseaux de 22x28 mm, croyant avoir acheté des tasseaux de 20x30 mm. Réponse du vendeur, assez surréaliste : « nous indiquons les dimensions avant rabotage ». Il vous faudra tenir compte de ces dimensions si elles sont différentes des nôtres. Nous avons finalement utilisé du 22x28 mm, taille qui semble la plus courante. Les tableaux 3 et 4 rassemblent la liste des débits complets selon le modèle de caisson choisi. Les longueurs des tasseaux sont données à titre indicatif et ils devront être coupés au moment du montage. Ceci sera précisé en temps utile dans les indications de montage. Si

vous avez des difficultés pour trouver des tasseaux de section triangulaire (40x40x40 mm et 60x60 mm) demandez à un menuisier de vous les usiner. Sinon, prenez des morceaux d'aggloméré de 40 mm et 60 mm de largeur et faites deux coupes à 45° sur la longueur. Les renforts d'angles assurent une rigidité accrue du caisson, une meilleure fluidité de l'air et suppriment efficacement les vibrations.

## LA COLLE

Comme pour l'EURIDIA, la colle PONAL de chez HENKEL sera parfaite. Depuis 1993, les choses ont évolué. Grâce à la grande mode du parquet flottant, nous disposons maintenant d'une autre colle de qualité qui offre toutes les caractéristiques et qualités de la PONAL : la colle AGO B3 spéciale sol humide de chez LAMBIOTTE pour l'assemblage des plaques de parquet flottant. Elle est disponible en biberon d'un kilogramme, de manipulation aisée pour l'encollage. Ce produit prévu pour résister à l'humidité reste souple comme un joint vinylique.

## LA QUINCAILLERIE

Il est impératif d'effectuer l'assemblage avec des vis spéciales pour panneaux de

# UN GRAVE IMPRESSIONNANT

Tableau 3 - Débits du caisson 13VX FOCAL

CAISSON 13 VX	PLANCHES	AGGLOMERE	CTBH 19 MM		
MODELE	largeur en mm	Longueur en mm	quantité	Surface unitaire en m <sup>2</sup>	Surface totale En m <sup>2</sup>
Face avant	386	650	1	0,2509	0,2509
Côte gauche	390	650	1	0,2535	0,2535
Côté droit	390	650	1	0,2535	0,2535
Dessus	348	390	1	0,1357	0,1357
Dessous	348	390	1	0,1357	0,1357
Face arrière	348	435	1	0,1514	0,1514
Event supérieur	212	348	1	0,0738	0,0738
Event arrière	348	553	1	0,1924	0,1924
Entretoise verticale	40	371	2	0,0148	0,0297
Entretoise horizontale	40	572	2	0,0229	0,0458
Entretoise du bas	40	310	1	0,0124	0,0124
SURFACE TOTALE	en m <sup>2</sup>				1,3991

				Longeur totale en m	Total en m
Tasseaux triangulaires	40x40	310	1	0,3100	
Tasseaux triangulaires	40x40	348	3	1,0440	1,3540
Tasseaux triangulaires	60x60	310	1	0,3100	0,3100
					Total
Tasseaux rectangulaires	22x28	553	1	0,5530	
Tasseaux rectangulaires	22x28	312	1	0,3120	
Tasseaux rectangulaires	22x28	348	1	0,3480	
Total	22x28				1,2130

Tableau 4 - Débits du caisson PR330MO

DEBIT POUR CAISSON	PR330MO	MATIERE	AGGLOMERE	CTBH 19 MM	
MODELE	Largeur en mm	longueur en mm	quantité	Surface unitaire en m <sup>2</sup>	Surface totale en m <sup>2</sup>
Face avant	426	725	1	0,3089	0,3089
Côte gauche	406	725	1	0,2944	0,2944
Côté droit	406	725	1	0,2944	0,2944
Dessus	388	406	1	0,1575	0,1575
Dessous	388	406	1	0,1575	0,1575
Face arrière	298	388	1	0,1156	0,1156
Event supérieur	228	388	1	0,0885	0,0885
Event arrière	388	628	1	0,2437	0,2437
Entretoise supérieure	40	387	2	0,0155	0,0310
Entretoise arrière	40	647	2	0,0259	0,0518
Entretoise inférieure	40	350	1	0,0140	0,0140
SURFACE TOTALE	en m <sup>2</sup>				1,5996

				Longeur totale en m	Total en m
Tasseaux triangulaires	40x40	350	1	0,0570	
Tasseaux triangulaires	40x40	388	3	1,1640	1,2210
Tasseaux triangulaires	60x60	350	1	0,3500	0,3500
					Total
Tasseaux rectangulaires	22x28	628	1	0,6280	
Tasseaux rectangulaires	22x28	388	1	0,3880	
Tasseaux rectangulaires	22x28	328	1	0,3280	
Total	22x28				1,3440

particules à empreinte VBA. Nous avons déniché une marque très intéressante : ROCKETT. Ces vis ne sont pas décollées à fond, c'est-à-dire que le filet auto-taraudeur s'arrête à 2 mm en dessous de la tête. Cette fabrication évite de casser la tige à la base de la tête lorsqu'on sert trop fort. Nous vous conseillons d'utiliser une visseuse électrique équipée d'un réglage dynamométrique. La forme du

filet des vis ROCKETT est très particulière. La sciure produite par l'auto-taraudage est évacuée au fur et à mesure du vissage, empêchant ainsi le gonflement pour éviter de fendre le matériau. La pénétration de la vis dans l'aggloméré est d'une surprenante facilité, comparé à celle d'une vis ordinaire. La tête pratique aussi un fraisage à la fin du serrage. Prévoyez quelques pointes sans tête de

35 et 50 mm de longueur et des vis VBA de 30 et 50 mm.

## LES OUTILS

La panoplie du petit bricoleur suffira amplement pour l'assemblage, surtout si les débits sont faits par le marchand de bois. Un petit rabot sera le bienvenu pour ajuster les panneaux intérieurs. Même si les débits sont précis, quelquefois un ajustage est nécessaire. Pour le reste, munissez-vous d'une râpe demi-douce, de papier de verre, de quelques presses (facultatif), d'une scie sauteuse, d'un marteau et d'une éponge humide.

Utilisez des mèches et des fraises spéciales pour le bois. Leur pointe de centrage facilite le pointage et l'attaque du matériau. Elles doivent tourner à basse vitesse si vous désirez les ménager.

Nous avons utilisé un outil très pratique qui assure le perçage et le fraisage du panneau en une seule opération : une mèche à bois équipée d'une fraise réglable, en fin de course. Le travail est propre et plus rapide. Cet outil est commercialisé par TRIPLEX et s'achète chez tous les bons quincailliers ou dans la grande distribution.

## LE DECOR

Les initiés et les courageux pourront s'attaquer à la partie décorative des caissons. Chacun fera selon ses goûts, ses fantasmes, son intérieur et ses compétences en la matière. Tout est possible, du plus classique au plus extravagant. Si on s'oriente vers le stratifié, il faut un outillage plus sophistiqué comme une affleureuse ou une défonceuse équipée d'une fraise de 15°, à roulement de guidage. Cette opération réclame du savoir faire, mais rien n'est impossible, la preuve, nous nous sommes lancés sans filet et sommes satisfaits du résultat.

Attention ! manipulez avec précautions l'affleureuse ou la défonceuse. Ces engins tournent à 28 000 t/mn et un accident est vite arrivé si on n'observe pas

## CAISSON EXTRÊME GRAVE AVEC 13 VX FOCAL OU PR330M0 AUDAX

les consignes de sécurité (bobo les doigts !). Nous tenons à conserver nos gentils lecteurs !

Nous avons opté pour un placage de stratifié frêne noir de 0,9 mm d'épaisseur. Il existe une multitude de décors. Les imitations d'essence de bois sont d'une incroyable perfection.

Voici un petit secret, le placage en stratifié apporte un avantage acoustique inattendu. Nous nous sommes aperçus qu'un caisson nu sonnait différemment que le même, mais plaqué avec du stratifié. En acoustique, les vibrations sont l'ennemi majeur. Sous l'effet des pressions internes, les panneaux des enceintes acoustiques génèrent des vibrations indésirables. Le placage stratifié se fait avec un double encollage de néoprène étalé sur toute la surface des panneaux extérieurs des caissons et des feuilles de stratifié. Cette colle prise en sandwich entre l'aggloméré et la feuille de stratifié agit comme un brise vibrations. Cette technique vieille comme le monde est utilisée dans l'industrie. Il suffit de coller un morceau de carton bituminé sur une surface subissant des vibrations, pour remédier au problème. Au lieu de fabriquer des enceintes avec des parois épaisses, cet artifice suffira pour obtenir un bon résultat.

Voici la colle néoprène que nous préconisons : AGGOPLAC liquide de chez LAMBIOTTE.

### ULTIMES CONSEILS

Lorsque tous les panneaux sont découpés et percés, dépoussiérez les avec un aspirateur, surtout les tranches car la sciure de découpe s'y dépose et produit un collage médiocre.

Avant chaque encollage, passez un coup d'abrasif sur la face à coller, afin de favoriser la pénétration de la colle. Le CTBH a tendance à paraffiner en surface à cause de la colle phénolique employée pour lier les particules.

N'hésitez pas à charger en colle : il vaut mieux en avoir trop que pas assez.

Lorsqu'un panneau est monté on passe le doigt sur la bavure afin d'assurer un joint parfait. Surtout, nettoyez les surplus de colle avec une éponge humide, régulièrement rincée à l'eau claire..

Nous avons choisi le même modèle de prise haut-parleur que sur EURIDIA : SPEAKON. Si vous préférez d'autres types de prises, ne tenez pas compte du trou de 24 mm prévu sur le plan. Ce connecteur d'excellente qualité est bon marché.

### LE MONTAGE

Heureux veinards, le travail est mâché. Après avoir assemblé personnellement 6 caissons, notre méthode est au point. Si vous suivez scrupuleusement nos explications et conseils, étape par étape, le succès est garanti.

Ceux qui ne disposent pas de presses réussiront aussi, car les nombreuses vis servent à faciliter l'assemblage et le maintient pendant le séchage complet de la colle.

Aucune difficulté majeur n'est à craindre. L'ensemble des plans très détaillés ainsi que les nombreuses photos vous aideront dans votre entreprise.

Observez et étudiez bien les plans et les photos afin de vous imprégner de la conception du caisson.

Arbitrairement, nous décrivons le montage du caisson 13VX, mais la structure du PR330M0 est identique.

Nous sommes prêts, l'ouvrage est sur la table (photo 1). N'oubliez pas de consulter les plans qui vous seront très utiles pour vous aider dans le montage.

- Commencez par le traçage des perçages et des découpes à l'aide des plans 1 à 10.

- Vérifiez calmement le tracé en le comparant avec les côtes sur les plans correspondants.

- Pratiquez la découpe du haut-parleur sur les deux faces avant (une seule pour la triphonie).

- Percez tous les trous fraisés des vis de 4 mm de diamètre ; conseil utile, les têtes de vis devront s'enfoncer d'environ 1 mm dans l'épaisseur du panneau afin de pouvoir ensuite reboucher avec un mastic, pour la finition.

- Passez un coup de papier de verre pour ébavurer les coupes et dépoussiérez.

- Encollez, assemblez et vissez ( vis de 50 mm) la face avant avec le côté droit, puis le dessus et le dessous comme indiqué sur la photo 2.

- Aidez-vous des plans 11 à 17.

- Nettoyez les bavures de colle sur les parties qui seront collées ultérieurement.

- Vérifiez les alignements et rectifiez les si nécessaire, avec de légers coups de marteau aux bons endroits.

- Laissez sécher la colle environ une heure.

- Montez le côté gauche, sans colle, uniquement avec les vis de 50 mm.

- Poursuivre l'opération avec le fond, toujours sans colle.

- Ajustez à nouveau les alignements.

- Par l'intérieur, placez et collez les entretoises hautes et verticales sur le flanc intérieur gauche avec des vis de 30 mm à l'extérieur. Fixez-les.

- Même opération pour le flanc intérieur droit.

- Démontez rapidement le fond et le côté droit.

- Nettoyez la colle sur les deux panneaux démontés et mettez-les de côté.

- Prenez la mesure exacte du tasseau reliant le fond au panneau supérieur de l'évent et coupez-le.

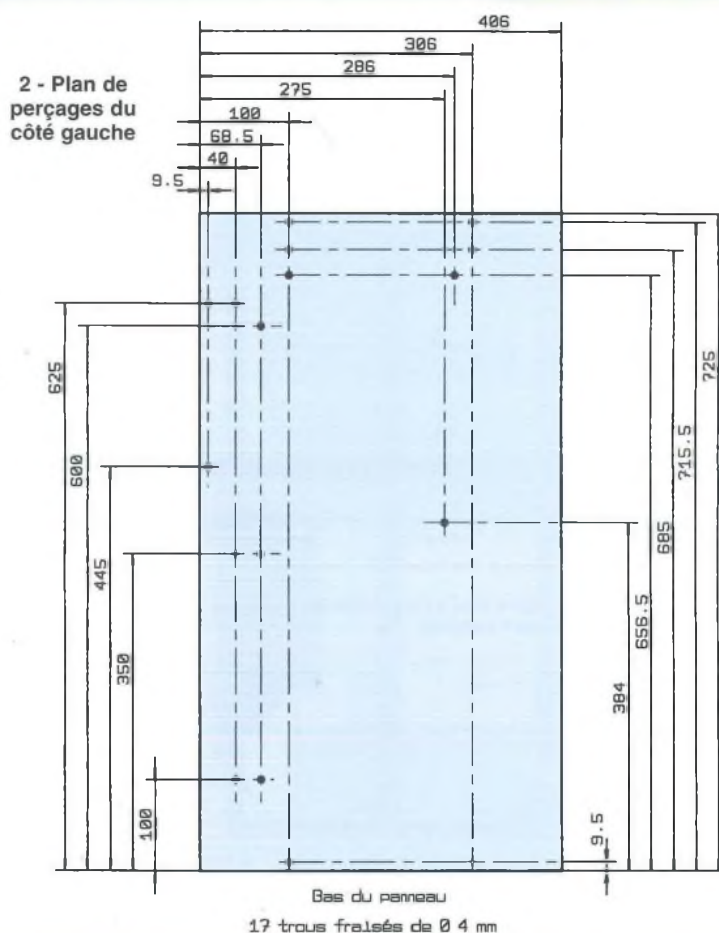
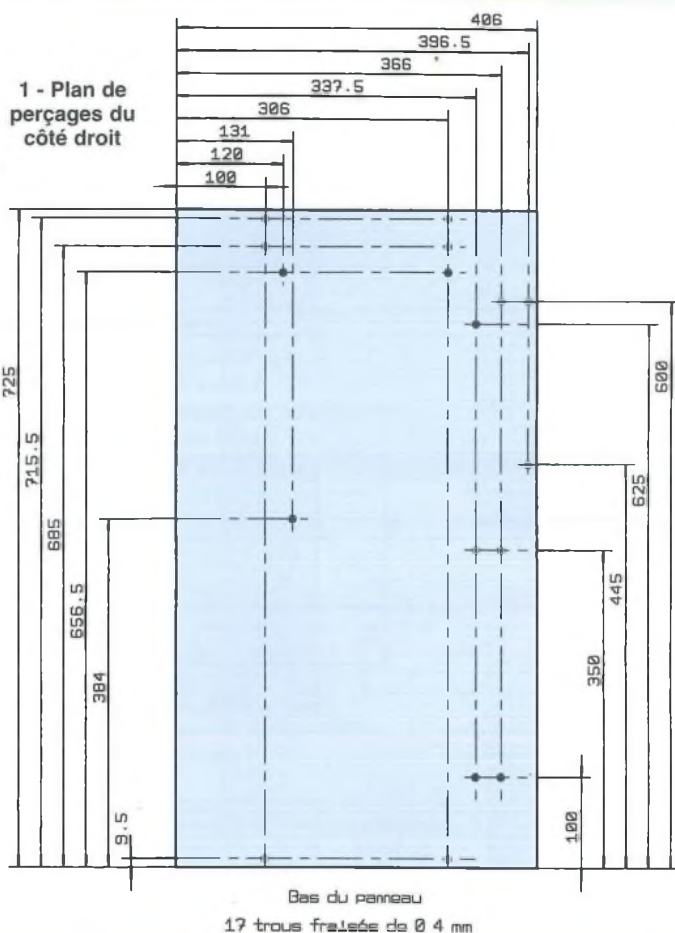
- Encollez une extrémité du tasseau et fixez-le au panneau supérieur avec une vis de 50 mm en vérifiant l'orientation (voir les plans 11, 12, 13 ou 14).

- Encollez le panneau supérieur de l'évent et l'autre extrémité du tasseau préalablement fixé, (seulement les parties à assembler sur le montage existant).

- Placez le panneau et fixez-le avec les vis prévues à cet effet, de 30 mm sur l'entretoise intérieure et de 50 mm pour le côté et le tasseau sur le fond (photo 3).



# UN GRAVE IMPRESSIONNANT



- Prenez la mesure exacte du tasseau reliant la face avant au panneau vertical de l'évent et coupez-le.

- Encollez une extrémité du tasseau et fixez-le sur le panneau vertical de l'évent avec une vis de 50 mm, en vérifiant l'orientation (voir les plans 11, 12, 13 ou 14).

- Encollez le panneau vertical de l'évent et l'autre extrémité du tasseau préalablement fixé, seulement les parties à assembler sur le montage existant.

- Placez le panneau et fixez-le avec les vis prévues à cet effet, de 30 mm sur les entretoises intérieures et de 50 mm pour le côté, le fond et le tasseau sur la face avant (photo 3).

- Préparez le tasseau reliant les côtés gauche et droit, encollez une extrémité et fixez-le sur le côté gauche avec une vis de 50 mm.

- Respectez cet ordre de montage

sinon vous rencontrerez des problèmes pour passer les tasseaux.

- Comme le montre la photo 4, placez deux vis de 50 mm aux croisements des tasseaux.

- Prenez les mesures des quatre tasseaux triangulaires de 40x40 mm et coupez-les (remarque : celui de l'entrée de l'évent est plus court que les trois autres car s'y ajoute l'épaisseur de l'entretoise déjà fixée sur le côté droit). Cassez l'arête (au moins 1 mm) qui va se placer dans l'angle des panneaux car il se peut qu'il reste un dépôt de colle sèche.

- Encollez ces tasseaux, placez-les puis fixez-les avec 4 pointes de 35 mm.

- Vérifiez si le travail effectué correspond bien aux plans et aux photos 2 à 4.

- Encollez toutes les parties prévues pour recevoir le côté gauche (panneaux intérieurs de l'évent + extrémités des tasseaux + face avant + dessus et dessous.

- Reprenez le côté gauche et encollez toutes les parties à fixer.

- Présentez ce dernier sur le montage, emboîtez-le dessus puis placez les vis, vérifiez les alignements au fur et à mesure que vous bloquez les vis.

- N'oubliez pas les vis de 30 mm des panneaux de l'évent, à l'intérieur.

- Nettoyez les bavures de colle avec une éponge humide.

- Coupez deux morceaux d'aggloméré de 19 mm, comme indiqué sur le plan du détail A.

- Déposez une noisette de colle dans chaque trou de l'angle des entretoises.

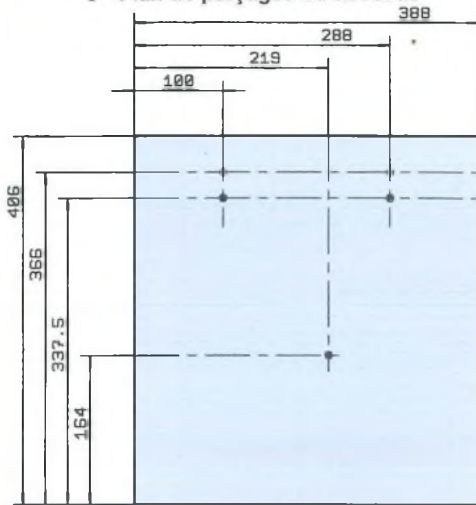
- Placez les deux morceaux préalablement préparés et fixez-les avec une pointe de 35 mm.

- Coupez le tasseau triangulaire de l'évent de 60x60 mm, encollez une face et placez-la dans l'évent, par l'arrière (voir plan 11).

- Fixez ce tasseau avec une pointe de

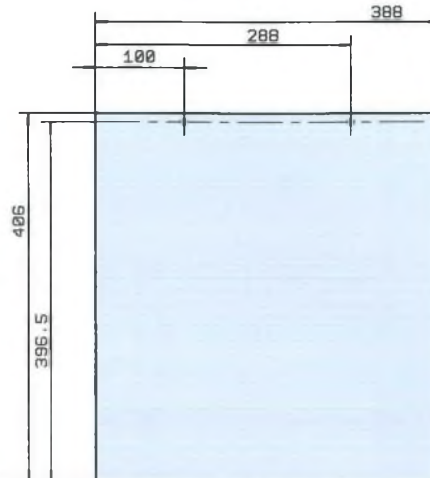
# CAISSON EXTRÊME GRAVE AVEC 13 VX FOCAL OU PR330M0 AUDAX

3 - Plan de perçages du dessous



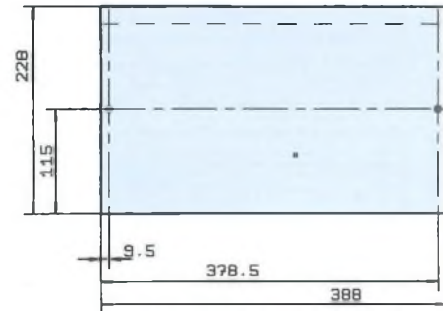
Avant  
5 trous fraisés de Ø 4 mm

4 - Plan de perçages du dessous



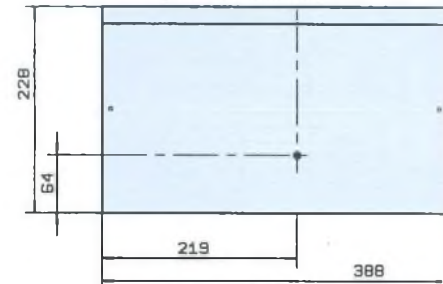
Avant  
2 trous fraisés de Ø 4 mm

7 - Plan de perçages de l'évent supérieur (vue de dessous)



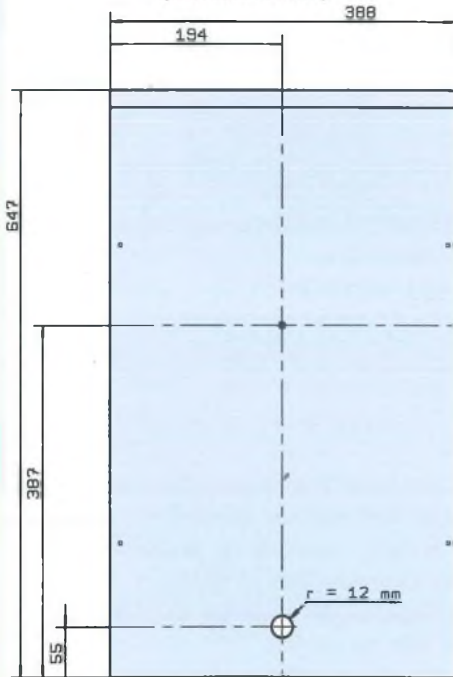
2 trous fraisés de Ø 4 mm

8 - Plan de perçages de l'évent supérieur (vue de dessus)



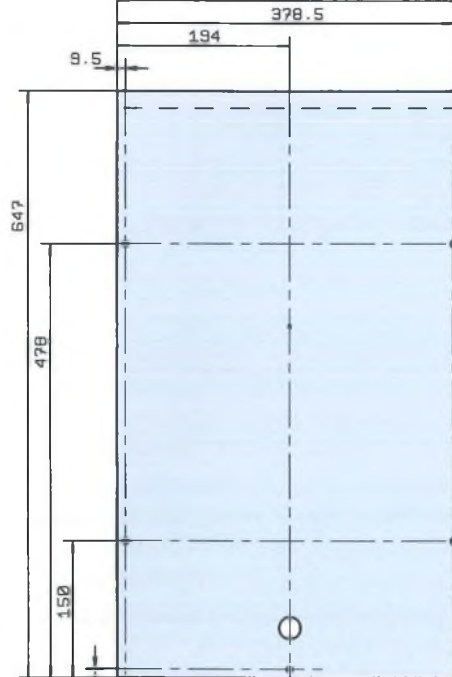
1 trou fraisé de Ø 4 mm

5 - Plan de perçages de l'évent vertical (vue de l'arrière)



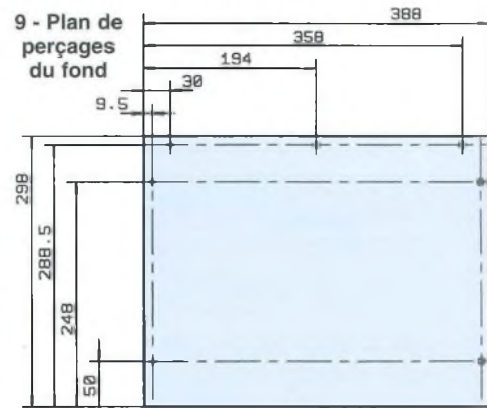
1 trou fraisé de Ø 4 mm

6 - Plan de perçages de l'évent vertical (vue intérieure)



5 trous fraisés de Ø 4 mm

9 - Plan de perçages du fond



Bas

7 trous fraisés de Ø 4 mm

Photo 1

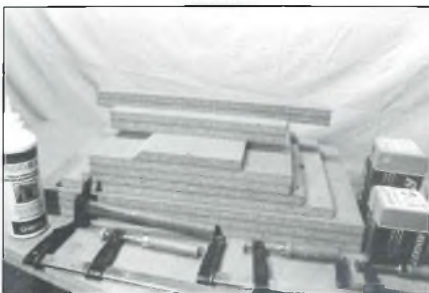
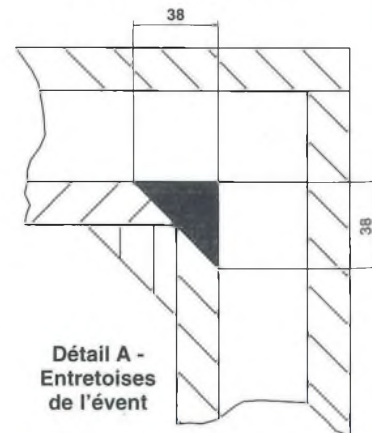
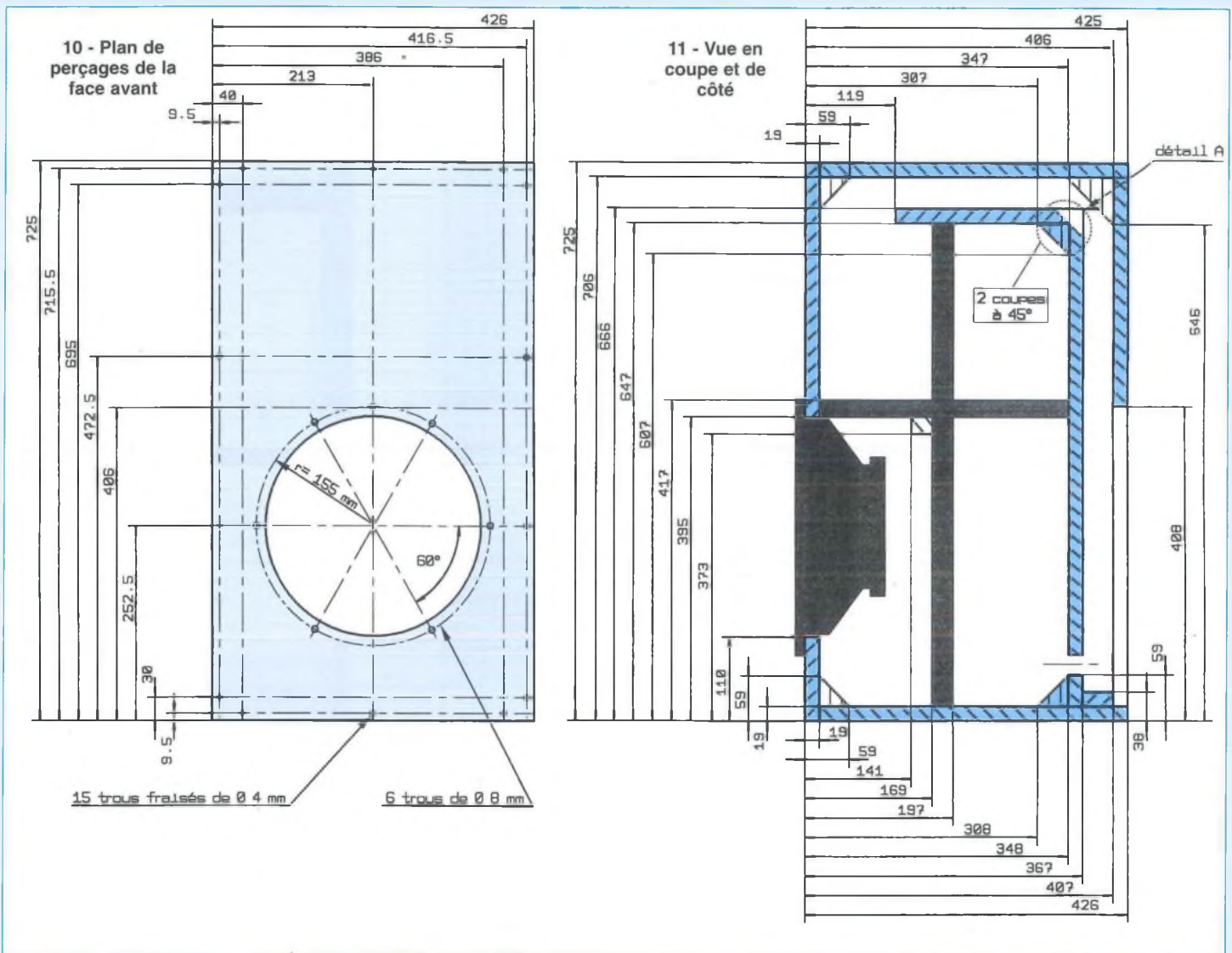


Photo 2



Détail A -  
Entretoises  
de l'évent

# UN GRAVE IMPRESSIONNANT



50 mm, de chaque côté du caisson afin de le maintenir en attendant de monter le fond.

- Terminez en encollant toutes les parties recevant le panneau arrière ainsi que ce dernier, puis emboîtez-le et fixez-le définitivement avec l'ensemble des vis prévues.

- Avec du sintofer (saint patron des carrossiers) vous boucherez tous les trous des têtes de vis ainsi que toutes les tranches apparentes des panneaux d'aggloméré.

- Enfin, avec de l'abrasif n° 120, poncez toutes les parties mastiquées au Sintofer afin d'obtenir une surface plane et propre qui permettra soit un collage parfait du revêtement de placage ou un fond bien

préparé pour une peinture décorative. N'utilisez surtout pas le Sintoboïs car il est plus cher, granuleux et pas franchement dur après séchage, ce qui donne un aspect médiocre et encrasse les outils de ponçage.

Sur les photos 5, 6, 7 et 8 on peut voir le travail terminé et les deux modèles de caissons.

- On peut figoler le travail en comblant l'espace laissé par les entretoises de l'évent, avec des tasseaux de 19x19 mm. Cette finition sera très utile si on choisit de recouvrir le caisson de stratifié car coller sur une largeur de 19 mm est une opération délicate (photo 7).

Reste la décoration des caissons, placage ou stratifié ? A vous de choisir !

Admirez le résultat du placage de stratifié noir sur les deux caissons de la photo 9. Sur la photo 10 on aperçoit la prise femelle SPEAKON fixée à l'arrière. Avant de la monter, câblez-la avec deux longueurs (70 cm) de fils de forte section (minimum 1,5 mm<sup>2</sup>) sur les bornes 1+ et 1-.

Attendez quelques jours avant de monter les haut-parleurs, afin d'être assuré que la colle est complètement sèche.

Les haut-parleurs seront montés à l'aide de vis BTR noires de 6x30 mm et d'inserts à griffes fixés à l'intérieur (voir modèle sur la photo). Surtout ne serrez pas brutalement le châssis du haut-parleur, vous risqueriez de le fausser, ce qui

# CAISSON EXTRÊME GRAVE AVEC 13 VX FOCAL OU PR330M0 AUDAX

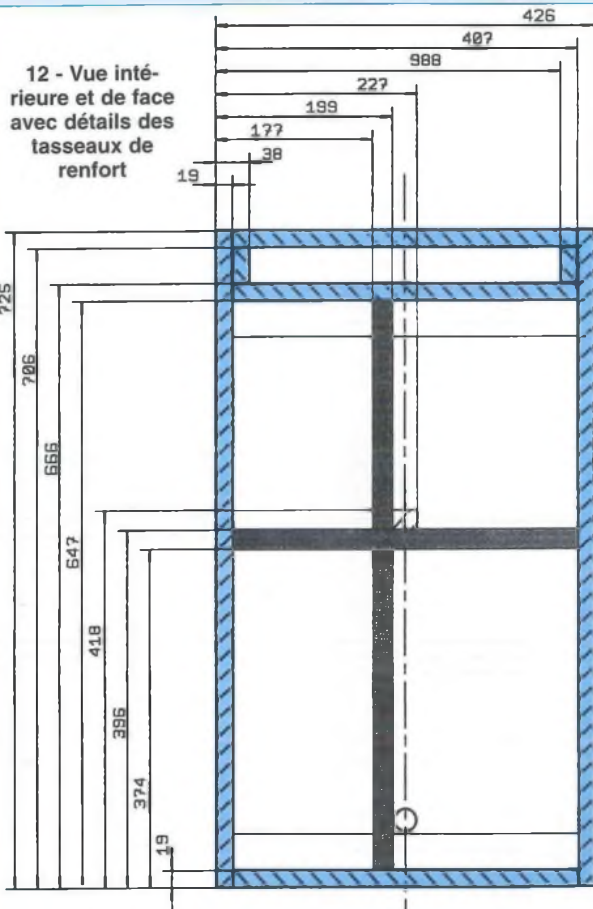


Photo 3

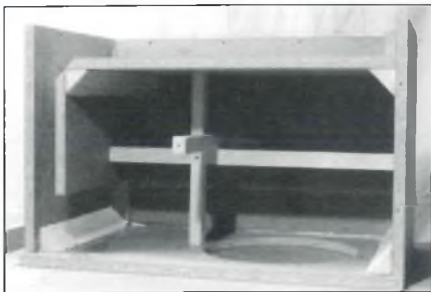
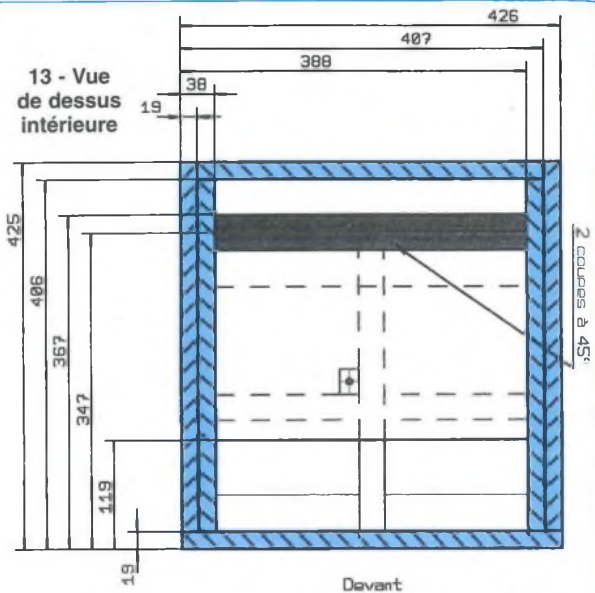
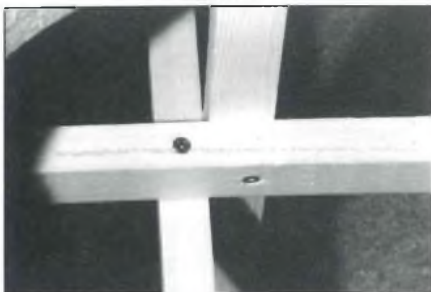
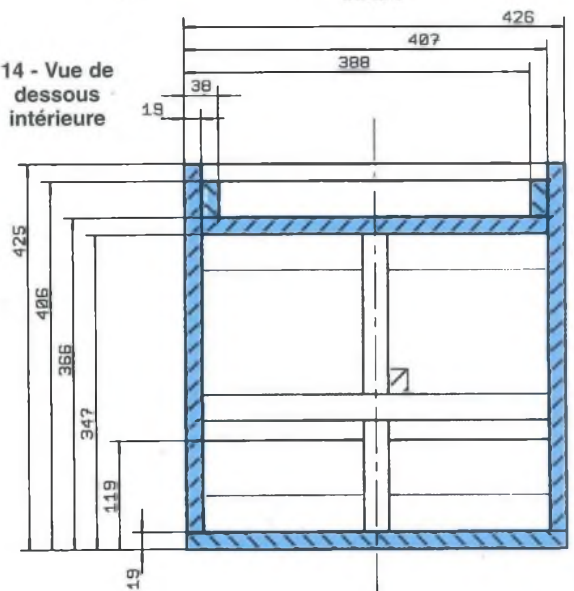


Photo 4



Devant

**14 - Vue de dessous intérieure**



Devant

Photo 5

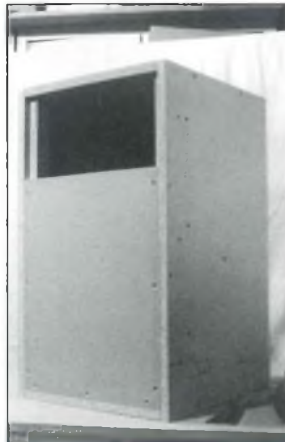


Photo 6

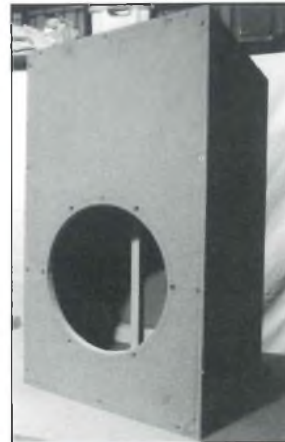
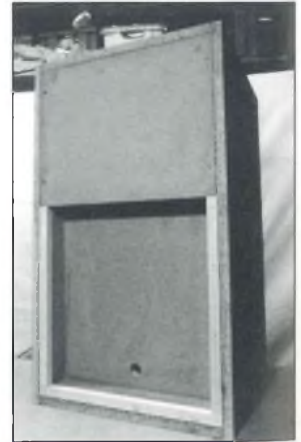


Photo 7



# UN GRAVE IMPRESSIONNANT

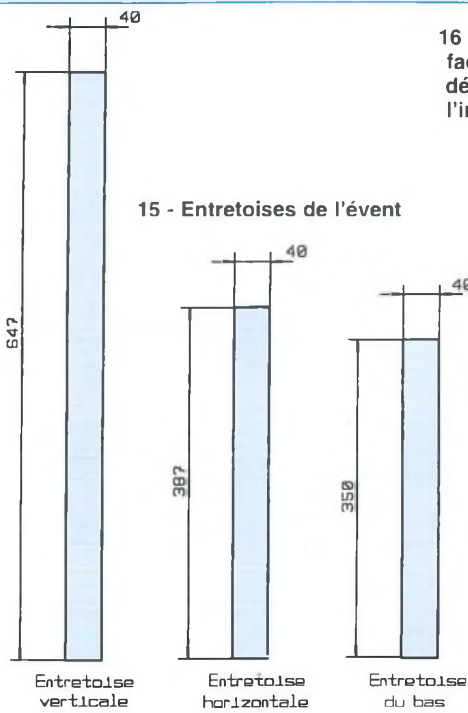


Photo 8

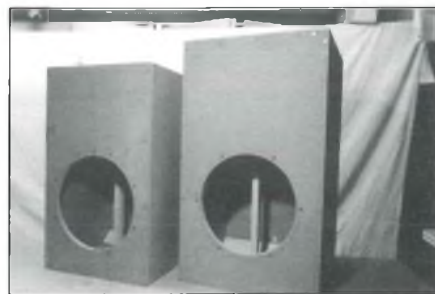


Photo 9

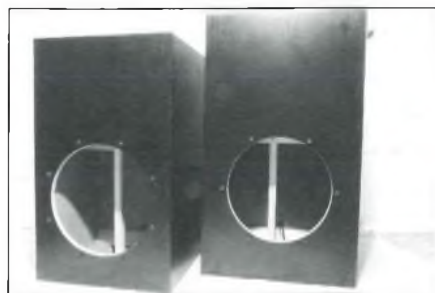
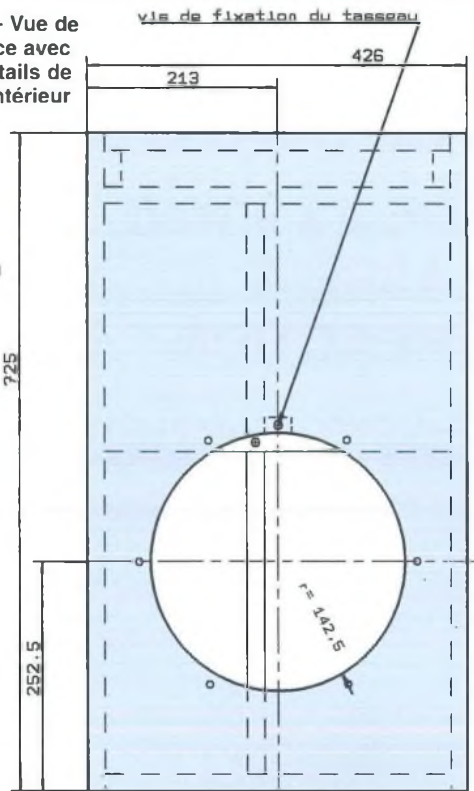


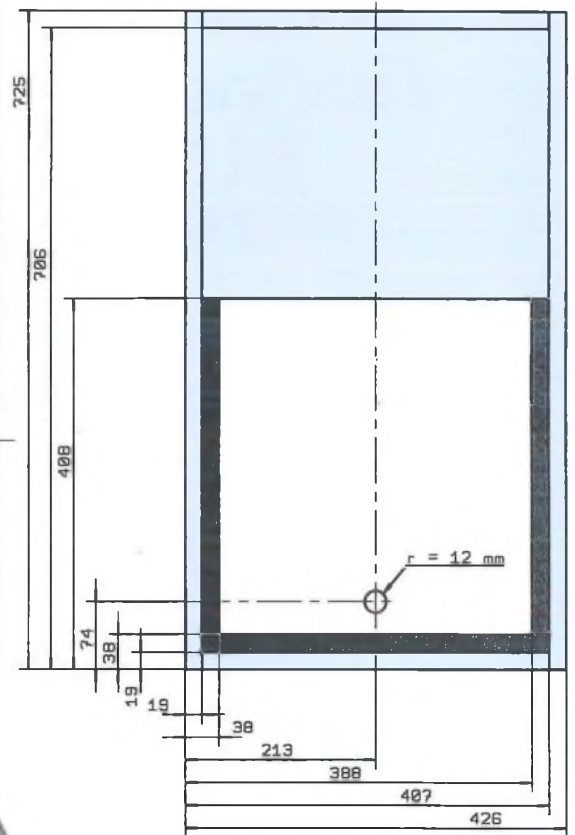
Photo 10



16 - Vue de face avec détails de l'intérieur



17 - Vue de la face arrière



HP PR330M0 Audax

serait dommageable pour l'équipage mobile.

Conseil : pour insérer les écrous spéciaux, il faut d'abord placer l'écrou à l'intérieur de l'enceinte, puis du côté face avant, visser une vis BTR THC munie d'une rondelle large et épaisse. Ensuite serrez à l'aide d'une clé pour vis six pans creux jusqu'à ce que les griffes de l'écrou soient complètement encastrées dans le panneau. Ceci évitera d'abîmer la face avant, surtout si elle est plaquée d'une belle essence.

L'opération est terminée pour le premier

caisson. Ceux qui ont choisi la triphonie s'arrêteront là. En revanche, les autres doivent prendre leur courage à deux mains et recommencer l'opération pour le second caisson. Au terme de notre projet, tout le plaisir sera pour vous.

Croyez-nous, vos efforts seront récompensés et vous serez fiers de vos réalisations de haut de gamme.

**A bientôt pour la suite de cette étude.**

**Gabriel KOSSMANN**

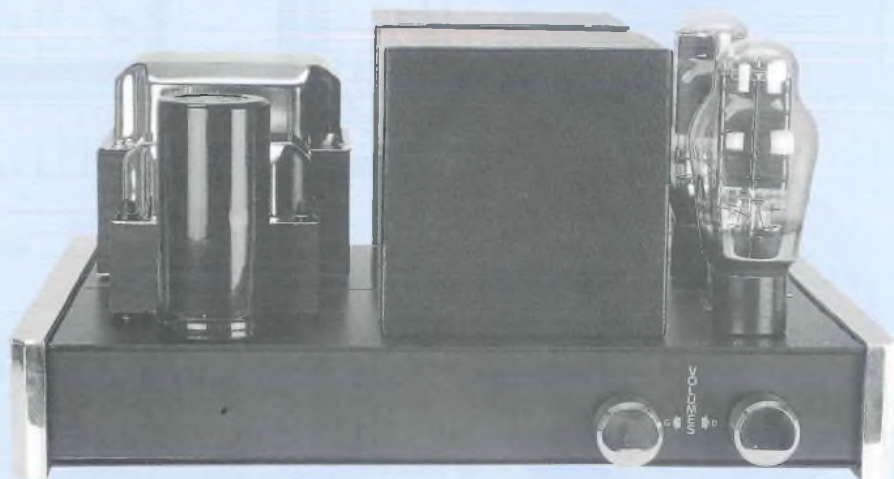
Email :

**Gabriel.KOSSMANN@wanadoo.fr**

# LA TRIODE 300B

## AMPLIFICATEUR DE 2 x 9 Weff EN PURE CLASSE A SANS CONTRE-RÉACTION

La 300B est un tube triode à chauffage direct, de grande dissipation anodique et de très bonne linéarité. Son origine est américaine et remonte aux années 30 où elle fut produite par Western Electric sous la référence WE300B. Il s'agit véritablement d'une triode exceptionnelle, d'où le surnom de «Reine des triodes» qui lui est donné par les Audiophiles.



**D'**une dissipation plaque de 40 watts, la 300B est exceptionnellement robuste. Sa durée de vie est donnée pour 10 000 heures de fonctionnement à demi-puissance.

En simple étage (single-ended), on peut lui «tirer» jusqu'à 17,8 watts.

### LE TUBE 300B

Tout est curieux chez cette triode : l'enveloppe volumineuse et enflée, l'embase à 4 broches, le chauffage direct sous 5 V

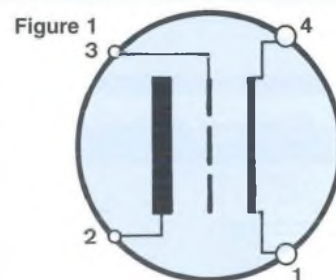
(alternatif ou continu) avec une consommation de 1,2 A.

En figure 1 nous indiquons le brochage des 4 sorties dont 2 (broches 1 et 4) sont plus grosses et réservées à la cathode et à son chauffage.

L'anode est connectée à la broche 2 et la grille accessible en 3.

Le support est au même diamètre que celui de l'octal (EL34, KT88, 6650...).

L'embase est en bakélite avec l'enveloppe en verre scellée à celle-ci. **Alors attention !** Pour enlever une 300B de son support, ne jamais soulever celle-ci



Brochage de la 300B

en la prenant par l'enveloppe, mais uniquement par son embase.

Des forces de «traction» répétées peuvent sceller le verre, d'où infiltration d'air et mort instantanée de la Reine.

### L'AMPLIFICATION

Il n'y a pas plus simple qu'une triode, c'est l'élément amplificateur de base, avec sa cathode, sa grille et son anode. Nous ne parlerons pas ici des difficultés mécaniques de réalisation en usine qui sont sans commune mesure avec celles d'une ECC83, les tailles sont disproportionnées comme le montre la photographie ci-contre, et encore, l'ECC83 est **une double triode !**

En figure 2, nous vous proposons le tracé de la caractéristique  $U_p/I_p$  de la 300B, la linéarité est excellente. Elle est obtenue en bobinant la grille d'une façon non constante en deux points. La grille possède quelques spires plus larges et calculées pour redonner au tube une bonne linéarité (brevet d'invention n° 1799850 déposé en 1931 par les ingénieurs de la Bell System).

La 300B peut s'accommoder de différentes charges d'anode et de polarisations diverses. Ainsi cette super triode peut délivrer des puissances s'étalant de 2,5 watts à 17,8 watts, voir figure 3.

La 300B se suffit à elle-même comme l'indique la figure 4, il suffit de moduler le signal sur sa grille pour recueillir au secondaire du transformateur une image amplifiée et en phase.

Cependant, il ne s'agit pas d'une petite modulation. Nous avons relevé au multi-

# LA REINE DES TRIODES

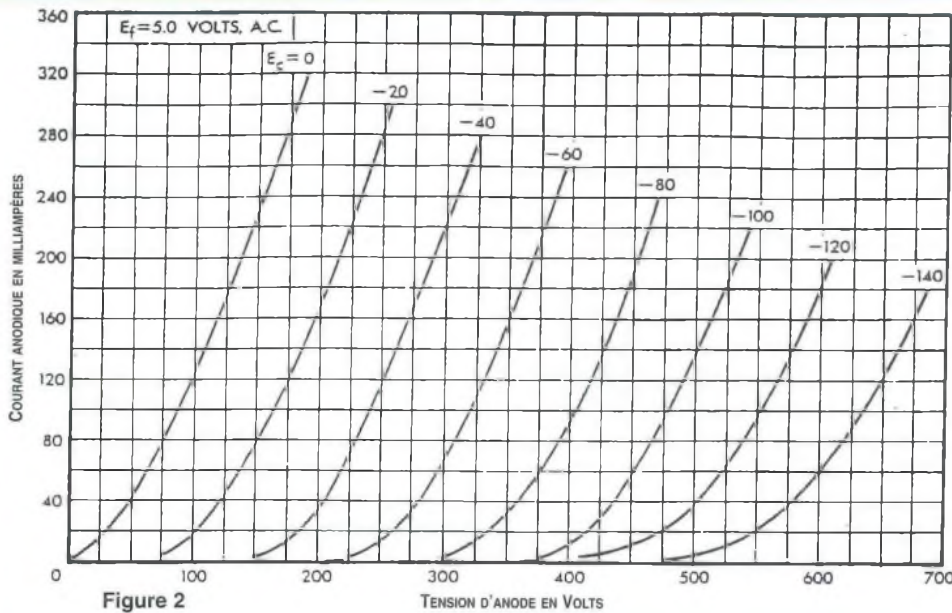


Figure 2

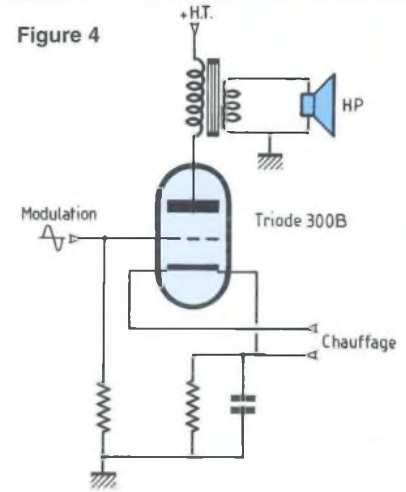


Figure 4

Figure 3

300B						
Tension d'anode (V)	Polarisation grille (V)	Courant anodique (mA)	Impédance de charge ( $\Omega$ )	Puissance de sortie (W)	2 <sup>ème</sup> Harmonique (dB)	3 <sup>ème</sup> Harmonique (dB)
200	-42	30	2.0k	3.0	20	31
200	-39	40	2.5k	2.6	26	38
200	-37	50	2.5k	2.5	30	45
250	-55	30	2.0k	4.9	18	27
250	-55	30	4.5k	3.2	27	40
250	-52	40	3.0k	4.0	26	36
250	-50	50	2.5k	4.4	26	39
250	-48	60	2.0k	4.7	26	38
250	-48	60	2.7k	4.1	30	45
250	-45	80	1.5k	5.0	26	41
300	-65	40	2.5k	6.7	20	30
300	-63	50	2.0k	7.2	21	29
300	-63	50	3.0k	6.1	26	37
300	-61	60	2.4k	6.6	26	37
300	-61	60	3.4k	5.6	30	44
300	-58	80	1.7k	7.5	26	37
350	-76	50	3.6k	7.8	26	38
350	-76	50	5.0k	6.2	30	45
350	-74	60	2.0k	10.2	21	30
350	-74	60	3.0k	8.3	26	38
350	-74	60	4.0k	7.0	30	44
350	-71	80	2.2k	9.6	26	39
400	-91	40	5.0k	8.4	26	37
400	-89	50	3.0k	11.5	21	31
400	-89	50	4.0k	9.4	25	38
400	-87	60	3.5k	10.5	26	38
400	-87	60	5.0k	8.3	30	46
400	-84	80	2.5k	12.5	25	37
CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT MAXIMUM						
450	-104	40	6.0k	9.5	26	38
450	-102	50	5.0k	10.7	27	39
450	-102	50	6.5k	9.0	30	45
450	-100	60	4.0k	12.5	26	38
450	-100	60	5.5k	10.1	30	44
450	-97	80	2.0k	17.8	21	30
450	-97	80	3.0k	11.6	26	37
450	-97	80	4.5k	11.5	31	45



mètre un signal de commande de 56 Veff sur notre prototype ! De ces 56 Veff, nous recueillons aux bornes d'une charge de 8 ohms une tension de 8,54 Veff, soit une puissance efficace de 9,1 watts.

Ce signal de 56 Veff peut être fourni indifféremment par une électronique à transistors, à circuits intégrés ou à tubes. Prférant ces derniers temps le vide au silicium, notre choix s'est orienté vers la

triode/pentode ECL86 montée en Mu-Follower.

Les excellents résultats obtenus avec le préamplificateur du Led n°148 ont influencé cette orientation et cette décision.

# AMPLIFICATEUR CLASSE A DE 2 x 9 Weff AVEC LA 300B

Figure 5

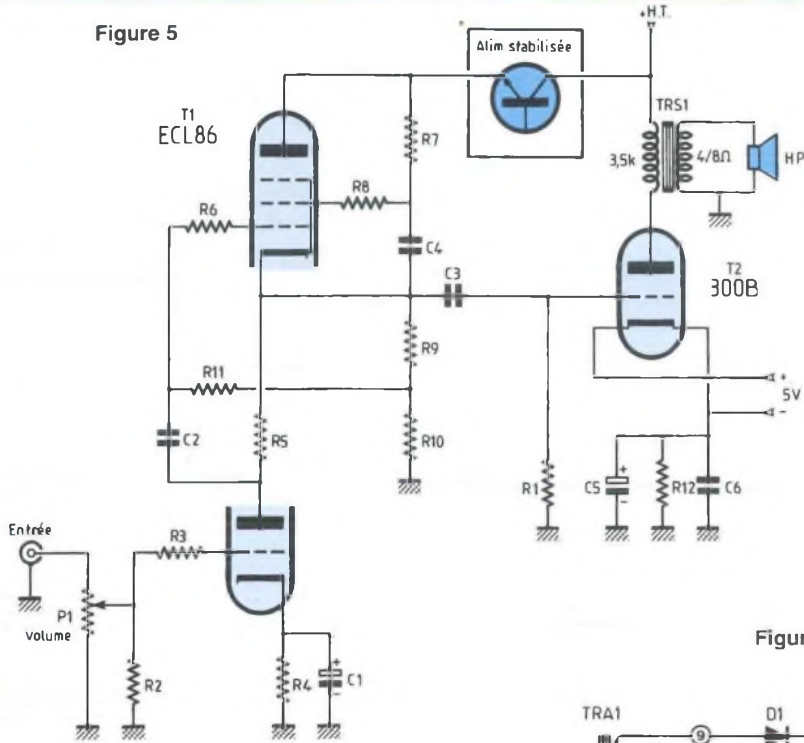


Figure 7

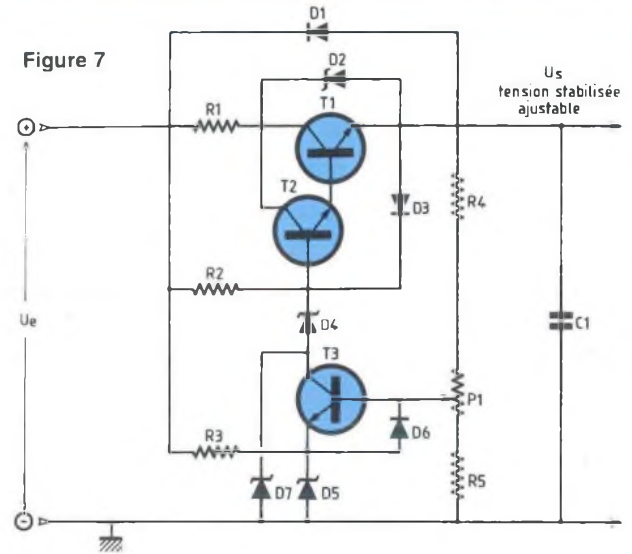
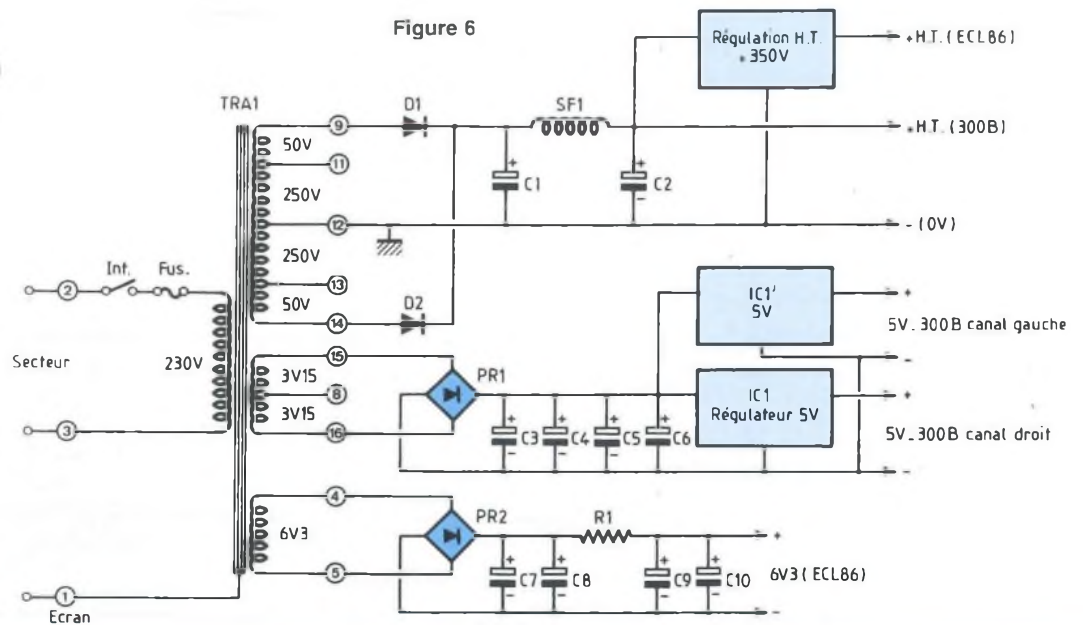


Figure 6



## L'AMPLIFICATEUR 300B

### LE SCHÉMA

L'étage amplificateur est proposé en figure 5, c'est simple et ça fonctionne à merveille. Un amplificateur en tension pilote un amplificateur en courant, sachant que le produit U.I. fournit de la puissance, le but est atteint.

### - L'amplificateur en tension

L'étage d'entrée utilise une ECL86 mon-

tée en Mu-Follower, la cathode de la pentode étant reliée en série avec l'anode de la triode.

Un potentiomètre placé en entrée sert de réglage de volume, son curseur étant relié à la grille de la triode.

La cathode est polarisée par le circuit parallèle R-C qui porte celle-ci à un potentiel de +1,2 V. De valeur ohmique 2,7 kΩ, nous en déduisons un courant de 0,44 mA.

Le condensateur C1 d'une capacité de 1 000 μF repousse la fréquence de cou-

pure basse fb à :  $1/6,28,2,7,10^3,1000,10^{-6}$   
 $\Rightarrow 1/16959,10^{-9}$  soit 0,059 Hz.

La résistance d'anode R5 étant traversée par le même courant que celui de cathode, nous mesurons à ses bornes une tension de + 96 V.

Le signal amplifié par la triode est récupéré par le condensateur de liaison C2 qui l'applique à la grille de commande de la pentode. Ce condensateur sert également à bloquer la tension continue présente sur l'anode, elle est ici de + 120 V. Le gain en tension est de 100. En appli-



quant un signal de 0,4 V sur la grille de la triode, C2 recueille et applique à la grille de la pentode un signal de 40 V.

La cathode de la pentode est portée à un potentiel de +218 V. Ce potentiel se retrouve aux bornes du pont résistif R9/R10 de valeur ohmique 15 k $\Omega$ .

Il circule donc un courant de 14,5 mA, d'où une puissance dissipée non négligeable de 3,2 watts aux bornes de R10.

Le point commun de R9/R10 est relié à la résistance de fuite de grille R11 de la pentode. Cette résistance forme avec le condensateur C2 un filtre passe-haut qui limite la bande passante à une fréquence de  $1/6,28.470.10^3.0,22.10^{-6} \Rightarrow 1/649.10^{-3}$  soit environ 1,5 Hz.

La grille «écran» de la pentode est polarisée par la résistance R7. Le potentiel est découplé par le condensateur C4.

Le condensateur de liaison C3 prélève la modulation amplifiée et disponible à très basse impédance pour la transmettre à la grille de la 300B. Il sert également à bloquer la haute tension présente en ce point lorsqu'il s'est chargé.

Les résistances R3, R6 et R8 sont des éléments de stabilisation qui évitent tout accrochage.

L'étage de préamplification ECL86 est alimenté à partir d'une tension stabilisée de + 350 V. Ainsi alimentée et polarisée, l'ECL86 peut fournir un signal de commande de 77 Veff avant l'écrêtage (la charge en sortie est de 100 k $\Omega$ , c'est la résistance de fuite de grille de la 300B).

## - L'amplification en courant

Elle est donc confiée à la triode 300B dont la puissance de sortie disponible au secondaire du transformateur est fonction de l'impédance primaire de celui-ci (charge d'anode) et de la polarisation de la cathode.

Le chauffage de la 300B est direct, il n'y a pas de filament. La tension à y appliquer est de 5 V (alternative ou continue) pour une consommation de 1,2 A. Nous avons opté pour un chauffage en continu, afin de réduire la ronflette, toujours désagréable pour une écoute avec des

enceintes à haut-rendement. La résistance de fuite de grille R1 a une valeur ohmique de 100 k $\Omega$ . Associée avec le condensateur de liaison C3 de 10  $\mu$ F, le filtre passe-haut ainsi réalisé élimine tout ce qui se trouve inférieur à la fréquence de coupure  $f_B$  de  $1/6,28.100.10^3.10.10^{-6} \Rightarrow 1/6280.10^{-3}$  soit 0,16 Hz.

L'anode est chargée par un transformateur de sortie qui est la pièce maîtresse de cette réalisation.

Le modèle sélectionné pour cette étude, de marque ACEA, dispose de 3 impédances primaires : 2,3 k $\Omega$ , 2,8 k $\Omega$ , 3,5 k $\Omega$ . Nos principaux essais ont été effectués avec l'impédance primaire de 3,5 k $\Omega$  et l'impédance secondaire de 8  $\Omega$ .

La puissance disponible aux bornes de la charge (sortie HP) est liée à la polarisation de la cathode, donc à la valeur de la résistance R12. Plus elle est importante et plus la puissance est réduite.

La mise en parallèle de résistances de 1,5 k $\Omega$ , nous a permis d'obtenir les résultats suivants :

$$R_{12} : 750 \Omega \Rightarrow P = 7,82 \text{ Weff}$$

$$R_{12} : 500 \Omega \Rightarrow P = 9,25 \text{ Weff}$$

$$R_{12} : 375 \Omega \Rightarrow P = 10,15 \text{ Weff}$$

Cependant la valeur de 375  $\Omega$  est un peu trop faible car nous sortons de l'aire de sécurité de la 300B avec le risque de la «tuer» prématurément. La puissance dissipée par l'anode est en effet de 48 W pour une valeur maximale conseillée de 40 W. Une résistance de cathode de 500  $\Omega$  est convenable et la perte de puissance peu significative, moins de 1 watt.

Avec  $R_k = R_{12} = 500 \Omega$ , nous effectuons les relevés suivants :

Tension d'alimentation : + 390 V  
(1 canal en service)

## - Au repos

$$U_k = U_{R_{12}} = + 53,2 \text{ V}$$

Le courant anodique  $I_A$  est donc de 106 mA, pour une tension  $U_A$  de 324 V.

La puissance dissipée par l'anode est donc égale à  $U_A \cdot I_A = 324.0,106 = 34 \text{ W}$

## - A Pmax

$$U_k = U_{R_{12}} = 40 \text{ V}$$

Le courant anodique  $I_A$  est donc de 80 mA (40/500), pour une tension d'anode  $U_A$  de 345 V.

La puissance dissipée par l'anode est donc égale à 345.0,080, soit 27,59 W.

Dans ces conditions nous disposons d'une puissance de 9 Weff, secondaire du transformateur chargé par une résistance de 8  $\Omega$ .

A l'écrêtage, seule l'alternance négative s'écrase, se tasse, d'où une augmentation importante de la distorsion.

Comme pour la triode d'entrée, un condensateur de forte valeur C5 découple la résistance de cathode R12. La coupure aux basses fréquences intervient à :

$$f_B = 1/6,28.500.470.10^{-6} \Rightarrow 1/1475800.10^{-6}, \text{ soit } 0,68 \text{ Hz (avec } R_k = 500 \Omega).$$

Le condensateur C6 améliore le découplage de R12 aux fréquences élevées.

Nous en avons terminé avec l'amplification, peu de composants sont nécessaires pour faire «tourner» un canal de cet Amplificateur 300B, ils doivent cependant tous être d'excellente qualité afin de pouvoir apprécier «la Reine» des triodes.

Il nous reste à voir l'alimentation de cette nouvelle réalisation qu'il ne faut surtout pas négliger.

## - L'alimentation

Nous utilisons un transformateur ACEA qui délivre au secondaire plusieurs tensions alternatives : 2x6,3 V (dont une à point milieu), 2x250 V ou 2x300 V pour la haute-tension. Le primaire dispose d'un enroulement de 230 V~ et une cosse permet de relier l'écran à la terre.

La figure 6 met en évidence le schéma général adopté pour alimenter notre prototype.

La 300B demande une tension de 5 V alternative ou continue pour le chauffage de sa cathode. Nous utilisons l'enroulement 2x3V15 sans le point milieu (cosses 15 et 16). Cette tension est redressée par un pont de diodes, filtrée énergiquement par 4 condensateurs de 4 700  $\mu$ F, puis stabilisée à +5 V par un régulateur.

Le même procédé de redressement/filtrage

# AMPLIFICATEUR CLASSE A DE 2 x 9 W<sub>eff</sub> AVEC LA 300B

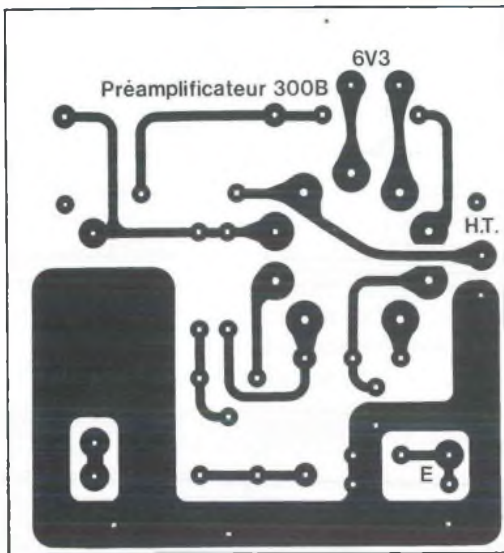


Figure 8 A

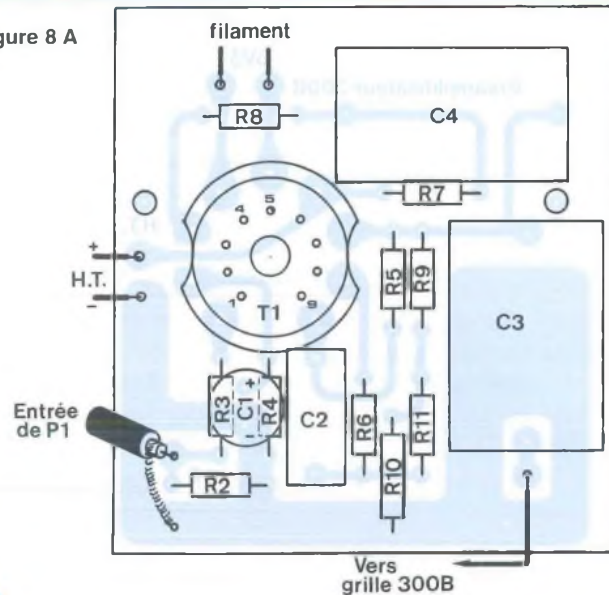


Figure 8 B

## NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

### AMPLIFICATEUR EN TENSION

(Pour un module)

#### - Résistances $\pm 5\%$ / 1 W à couche métal

(sauf indication)

R2 : 10 k $\Omega$

R3 : 150  $\Omega$

R4 : 2,7 k $\Omega$

R5 : 220 k $\Omega$

R6 : 150  $\Omega$

R7 : 22 k $\Omega$

R8 : 150  $\Omega$

R9 : 180  $\Omega$

R10 : 15 k $\Omega$  / 3 W ou

2x33 k $\Omega$  / 3 W en //

R11 : 470 k $\Omega$

P1 : potentiomètre  
100 k $\Omega$

#### - Condensateurs

C1 : 1 000  $\mu$ F / 16 V

C2 : 0,22  $\mu$ F / 250 V

C3 : 10  $\mu$ F ou 15  $\mu$ F /  
250 V

C4 : 2,2  $\mu$ F / 400 V

#### - Divers

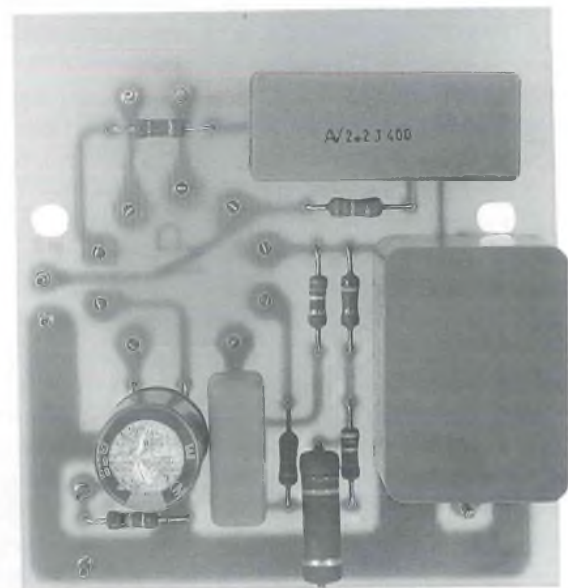
Support NOVAL

9 broches pour C.I.

Tube ECL86

7 picots à souder

2 entretoises filetées  
mâle/femelle de 10 mm  
(pour vis M3)



ge est adopté pour l'autre enroulement de 6V3, cosse 4 et 5. Ici pas de régulation car nous avons besoin d'une tension de chauffage de 6V3 pour l'ECL86. On utilise un classique filtrage R.C en  $\pi$ .

La haute-tension est obtenue à partir du 2x300 V-, cosse 9-12 et 14.

Le redressement est effectué par deux diodes à commutation rapide. La tension continue est «lissée» par une cellule de filtrage comprenant une self de 10H et deux condensateurs. Cette tension est appliquée à l'étage de puissance 300B,

au primaire du transformateur de sortie qui charge l'anode.

Cette même H.T. est ensuite dirigée vers une stabilisation qui va alimenter l'étage amplificateur en tension, notre ECL86. Le gain très important de l'étage d'entrée (environ 100 rappelons-le) oblige à prendre certaines précautions pour lutter contre le bruit, la «ronflette».

La stabilisation, qui fait l'objet de la figure 7, utilise des semiconducteurs.

Les transistors T1 et T2 sont montés en Darlington afin d'obtenir un gain en cour-

nant  $\beta$  élevé. Il est en effet très difficile de trouver un transistor de puissance haute-tension ayant un  $\beta$  important. Cette astuce permet de contourner facilement le problème, sachant que le  $\beta$  obtenu est égal au produit des  $\beta_{T1} \cdot \beta_{T2}$ .

La zéner D2 protège la jonction collecteur/émetteur de T1 et limite la tension à ses bornes à 180 V.

La résistance R1 protège le transistor ballast T1 de toute surconsommation anormale, cas d'un court-circuit en sortie par exemple.

# LA REINE DES TRIODES

Figure 9 A

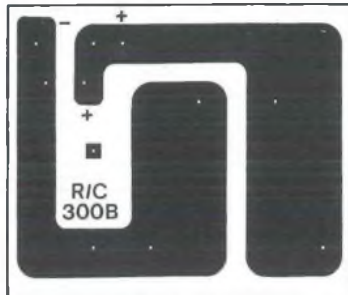
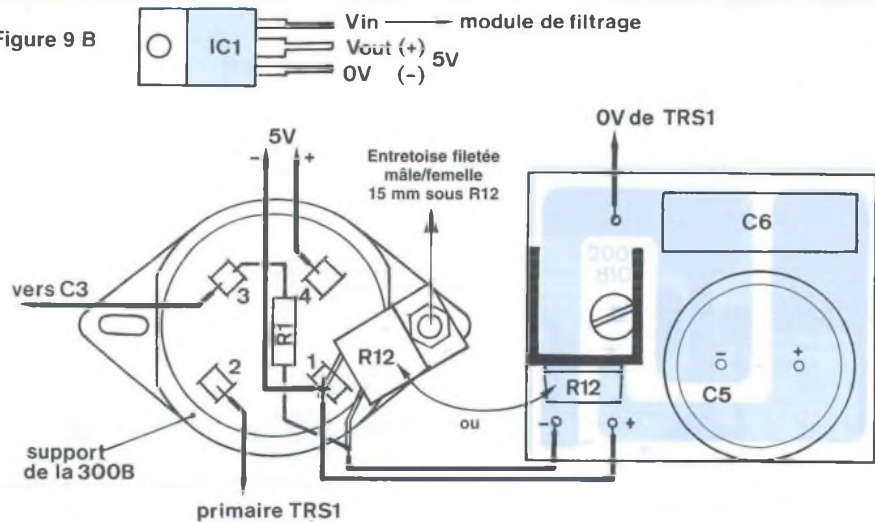


Figure 9 B



## NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

### AMPLIFICATEUR EN COURANT

(Pour un canal)

#### - Résistances $\pm 5\%$

R1 : 100 k $\Omega$  / 1 W

R12 : 500  $\Omega$  / 20 W ou 50 W non selfique si possible (voir texte)

#### - Condensateurs

C5 : 470  $\mu$ F / 200 V

C6 : 4,7  $\mu$ F / 160 V

#### - Divers

1 support 4 broches pour 300B

Tube triode 300B

IC1 : régulateur 5 V, LT1086CT, 5 V

Entretoise filetée mâle/femelle de 15 mm (pour vis M3)

Entretoise filetée femelle/femelle de 10 mm (pour vis M4)

TRS1 : transformateur de sortie ACEA

Zp : 2,3 / 2,8 / 3,5 k $\Omega$

Zs : 4 / 8 / 16  $\Omega$

1 picot à souder

La résistance R2 permet d'alimenter les diodes zéners D4 et D7 montées en série.

Il en est de même pour R3 avec la diode zéner D5.

Le potentiel de la base de T2 ne peut excéder  $U_{D4} + U_{D7}$ , soit 255 V + 150 V = 405 V.

Le point commun de D4 et D7 est relié au collecteur de T3 qui est le transistor de commande. Le potentiel de son collecteur est donc limité à  $U_{D7}$ , soit 150 V.

La présence de D5 dans l'émetteur maintient celui-ci à une tension max de 24 V par rapport à la masse.

La base de T3 est polarisée par une tension variable prélevée sur le curseur du potentiomètre P1, potentiomètre relié à ses extrémités par des résistances «talon» R4 et R5.

En fonctionnement, avec une tension d'entrée  $U_e$  de + 395 V, nous obtenons une tension stabilisée mini. de + 282 V et une tension stabilisée maxi de + 360 V. Pour une stabilisation fixée à + 350 V, le

potentiel sur la base de T3 est de + 24,9 V.

Ce potentiel de base de T3 varie de + 24,85 V à + 24,96 V et fait varier celui du collecteur de + 24,65 V à + 106 V (+ 94,5 V pour  $U_{stab} = 350$  V).

## LES MODULES

### - L'amplification en tension

Les quelques composants nécessaires au bon fonctionnement de l'ECL86 sont regroupés sur un petit circuit imprimé (1 par canal) dont l'étude d'une implantation fait l'objet de la figure 8A.

Le plan de câblage de la figure 8B associé à la nomenclature permet d'insérer les éléments R-C aux bons emplacements.

Les résistances R3 et R4 sont dissimulées sous le condensateur C1.

La résistance R10 de 15 k $\Omega$  / 3 W peut être avantageusement remplacée par deux résistances de 33 k $\Omega$ /3 W soudées en parallèle (l'une d'elles étant soudée côté pistes).

Côté pistes cuivrées, nous trouvons également le support NOVAL 9 broches.

Nous vous conseillons de commencer le câblage par les résistances de 1 W, puis de continuer par le support, les 9 broches dépassant très légèrement côté composants. Terminer par les picots, la ou les résistances de 3 W puis les condensateurs. Avec aussi peu de composants à souder, ou n'a pas le droit de se tromper.

### - L'amplificateur en courant

Nous avons préféré utiliser un petit circuit imprimé pour maintenir les volumineux condensateurs C5 et C6. L'étude de celui-ci fait l'objet de la figure 9A.

La figure 9B précise le positionnement et le sens de l'électrochimie C5/470  $\mu$ F/200 V ainsi que celui du 4,7  $\mu$ F au polyester métallisé. On peut également y souder une résistance R12.

La ou les résistances de polarisation de cathode R12 seront de préférence des modèles non-selfiques (résistance équivalente par mise en parallèle :

# AMPLIFICATEUR CLASSE A DE 2 x 9 Weff AVEC LA 300B

Figure 10 A

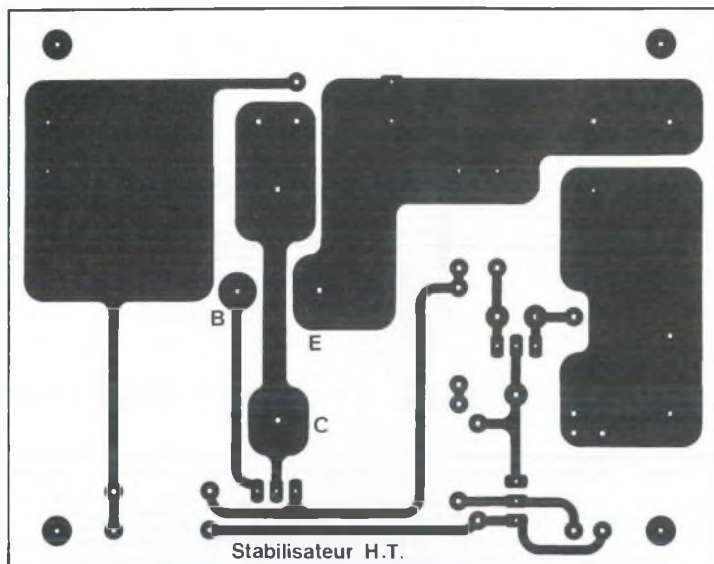
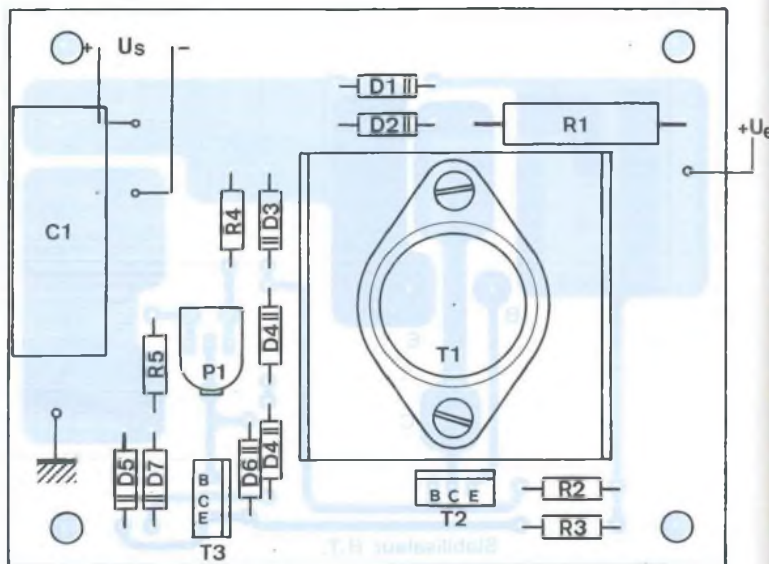


Figure 10 B



## NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

### ALIMENTATION STABILISÉE

- Résistances  $\pm 5\%$  / 1 W à couche métal (sauf indication)

R1 : 2,2 k $\Omega$  / 7 W bobinée  
R2 : 100 k $\Omega$   
R3 : 680 k $\Omega$   
R4 : 1 M $\Omega$

R5 : 82 k $\Omega$   
P1 : 47 k $\Omega$  / ajustable 1 tour ou multitours

### - Semiconducteurs

T1 : BU326A  
T2, T3 : BUT11  
D1, D3, D6 : 1N4007  
D2 : Zéner 180 V / 1,3 W  
D4 : Zéners 180 V / 1,3 W + 75 V / 1,3 W

D5 : Zéner 24 V / 1,3 W  
D7 : Zéner 150 V / 1,3 W

### - Divers

C1 : 2,2  $\mu$ F / 400 V  
4 picots à souder  
Dissipateur pour T03  
4 entretoises filetées femelle/femelle de 20 mm (pour vis M4)

470  $\Omega$  ou 500  $\Omega$  en boîtier T0220). Ces composants font leur apparition en 99 dans différents catalogues de revendeurs sous le type «MPR220» (Sélectronic, Radiospares...).

### - L'alimentation stabilisée

L'étude du circuit imprimé vous est proposée en figure 10A, une surface d'époxy de 95 x 74 mm permet de regrouper tous les composants de ce stabilisateur H.T. Vu le peu de liaisons cuivrées à effectuer entre les pastilles, aucune difficulté n'est à signaler pour la gravure de la plaquette.

Le plan de câblage de la figure 10B associé à la nomenclature doit garantir le succès dès la première mise sous tension. Vous noterez que nous avons prévu pour P1 la possibilité de souder un ajustable standard 1 tour ou, pour obtenir un réglage

plus souple de  $U_s$ , un multitours vertical.

Le transistor «ballast» T1 est plaqué contre un petit dissipateur. Celui-ci tiédira après des heures de fonctionnement.

Les transistors T2 et T3 en boîtiers T0220 étant surdimensionnés, ils ne chauffent pas. Il n'en est pas de même pour R1. Cette résistance bobinée de 7 W doit être surélevée de l'époxy, lors de son soudage, d'environ 3 mm.

### - Les alimentations 5 V et 6V3

Un petit circuit imprimé permet de regrouper pont redresseur et condensateurs de filtrage. L'implantation de la figure 11A ne présente aucune difficulté de reproduction, les pistes sont très larges.

Côté câblage, la figure 11B concerne le chauffage filament des 300B. Nous y remarquons la présence d'un strap

reliant les (+) des 4 condensateurs de 4 700  $\mu$ F/16 V.

Le pont redresseur est soudé côté pistes avec des longueurs de pattes de 5 mm (intercaler entre pont et époxy une entretoise isolante de 5 mm,  $\varnothing$  ext 8 mm,  $\varnothing$  int 4,2 mm).

Couper les pattes (+) et (-) au ras de l'époxy, mais couper celles (-) à 10 mm. La figure 11C concerne le chauffage filament des ECL86. Le strap est ici remplacé par une résistance de 0,47  $\Omega$ /3 W qui forme un filtrage en  $\pi$  et porte la tension continue à +6,3 V. Le pont redresseur est soudé côté composants et plaqué contre l'époxy.

### LE CHÂSSIS

Le châssis de l'Amplificateur 300B est réalisé par la mise dos à dos et le vissage de deux coffrets IDDM de référence

# LA REINE DES TRIODES

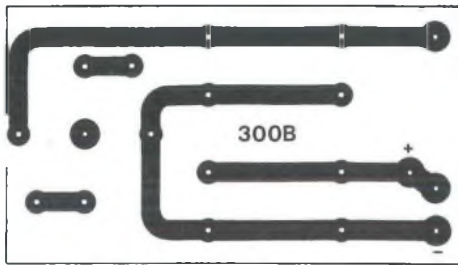


Figure 11 A

## NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

### FILTRAGE BASSE TENSION

PR1, PR2 :  
pont 6 A / 600 V

C3 à C10 : 4 700  $\mu$ F / 16 V  
R1 : 0,47  $\Omega$  / 3 W (ou strap)  
8 picots à souder  
2 entretoises lisses de 5 mm  
(pour vis M4)

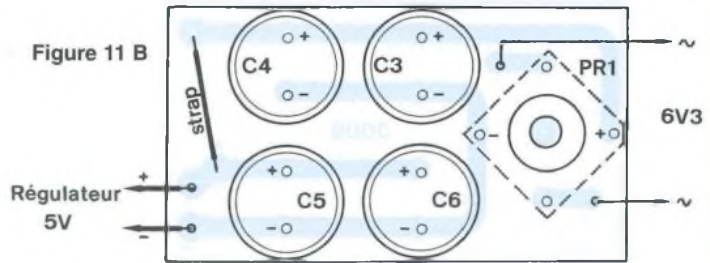


Figure 11 B

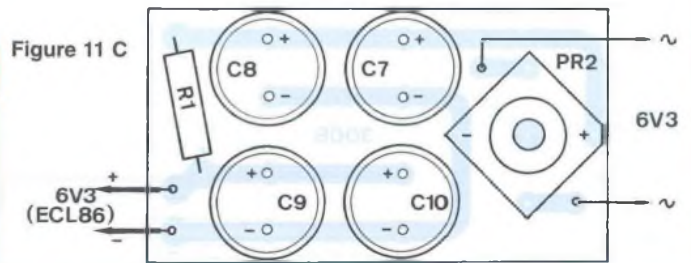


Figure 11 C

TM55360. On dispose ainsi d'une surface d'implantation de 360 x 308 mm.

La figure 12A donne toutes les indications nécessaires quant aux perçages à prévoir dans le coffret avant.

Pour la partie supérieure, concernant, la self de filtrage, le transformateur de sortie et le module de commande, nous donnons uniquement leur positionnement sur le châssis (axe de symétrie), ce qui suffit à une mise en place précise après avoir dessiné sur une feuille de calque ou de papier ces éléments massifs. Il faut connaître avec précision l'emplacement de la découpe des fenêtres par rapport aux trous de fixation.

Le repérage du trou de  $\varnothing$  22 mm nécessaire au passage du support NOVAL se fait à partir d'une photocopie de l'implantation du circuit imprimé. Il faut connaître l'emplacement exact du centre du cercle de  $\varnothing$  22 mm. Il est facile à déterminer en joignant entre elles les pastilles 2 et 7 puis 3 et 8. L'intersection des deux droites détermine le centre du cercle.

A partir de ce centre, dessiner un cercle de  $\varnothing$  30 mm. Ce diamètre est celui de l'emporte-pièce, il servira de repérage pour le bon positionnement de l'outil de découpe.

La figure 12B donne les cotations pour le transformateur de sortie et la figure 12C pour celles de la self de filtrage.

Il n'y a plus qu'à scotcher ou mieux à col-

ler les 3 papiers sur le châssis en fonction des indications portées en figure 12A.

Pointer tous les trous à forer puis percer à  $\varnothing$  3 mm.

Les emporte-pièces ( $\varnothing$  22 mm et  $\varnothing$  30 mm pour la 300B) nécessitent des perçages à un  $\varnothing$  11 mm minimum pour le passage de la vis de serrage.

Les trous de  $\varnothing$  3 mm servant à la fixation du module et ceux immobilisant le support de la 300B sont à fraiser afin de faire disparaître les têtes des vis dans l'épaisseur du châssis. L'esthétique y gagne.

La figure 13A concerne le châssis arrière. Il y a beaucoup de similitudes entre la figure 12A et la 13A. L'emplacement de la self et du condensateur de filtrage est réservé au volumineux transformateur d'alimentation. Ses dimensions sont indiquées en figure 13B.

Le travail de préparation est donc le même que précédemment.

### - La fixation des modules

Nous devons prévoir un dégagement suffisant module/châssis à cause du support NOVAL soudé côté pistes cuivrées. Nous allons procéder comme l'indique la figure 14 en équipant les châssis de pattes.

### - La fixation des châssis

Commencer par ébavurer les perçages, les trous réalisés à l'emporte-pièce et les fenêtres destinées au passage

des carcasses des transformateurs. Visser les châssis dos à dos.

Les trous et les découpes que nous venons de pratiquer dans les coffrets n'ont pu s'obtenir sans laisser des traces : un foret qui dérape, un mauvais coup de lime, le frottement du socle de la scie sauteuse...

Afin de gommer ces petits «bobos», il est indispensable de repeindre le châssis en pulvérisant 2 à 3 couches de peinture. La peinture bien séchée, c'est le moment idéal pour déposer quelques transferts DECAdry. Ils existent en doré, blanc ou rouge. La mise en place par la suite des prises, potentiomètres et autres éléments ne faciliterait pas ce travail délicat qui donnera une touche professionnelle à votre réalisation.

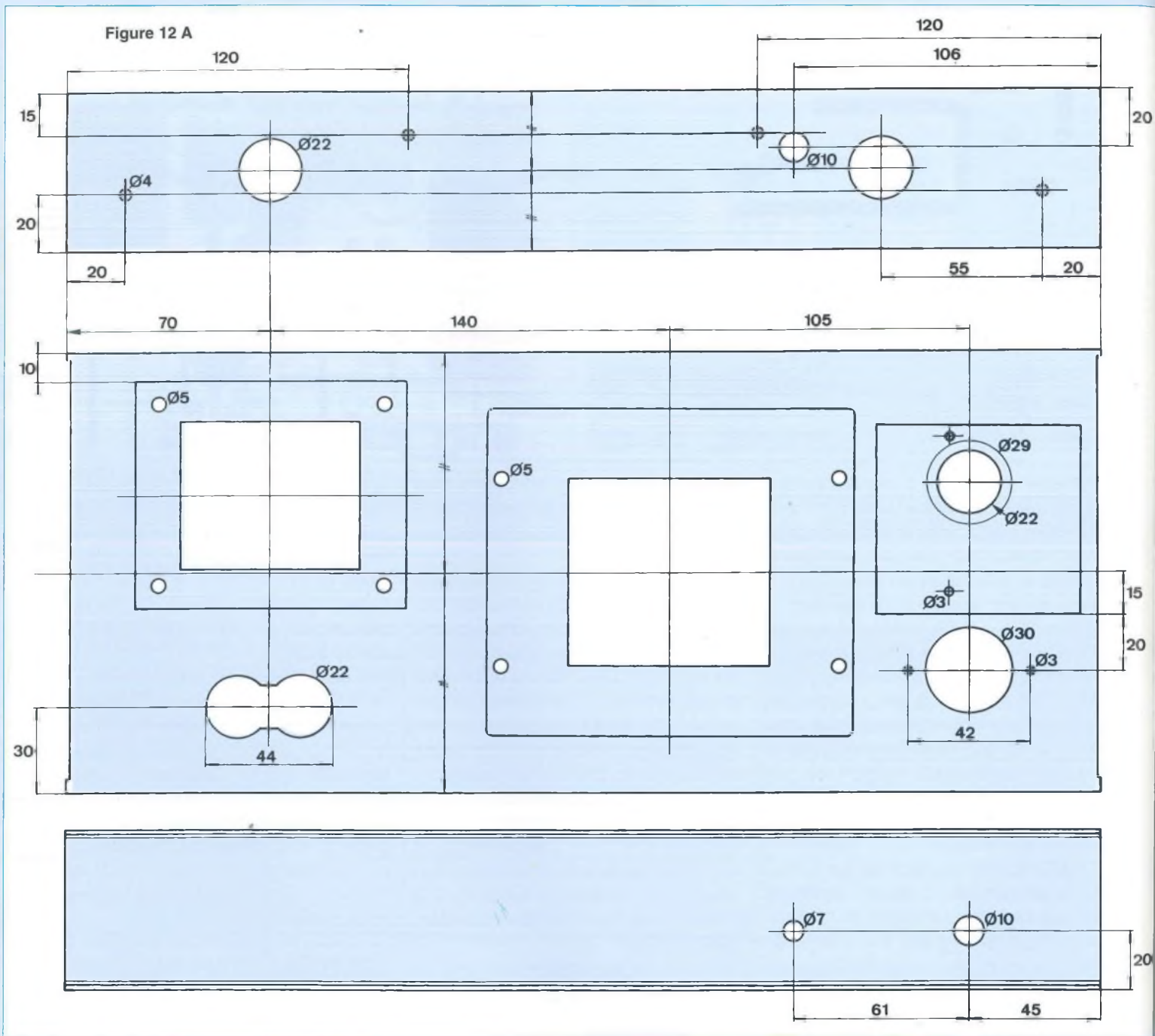
## ÉQUIPEMENT DU CHÂSSIS

Il faut mettre en place tous les éléments à l'exception des tubes.

Le châssis retourné, ce sont les deux transformateurs de sortie qui vont «reposer» sur le plan de travail. Afin de ne pas les abîmer, il peut être utile de scotcher des morceaux de carton sur le dessus jusqu'à la fin des interconnexions et donc la première mise sous tension.

Il est évident que le transformateur d'alimentation aura son primaire orienté vers la prise secteur.

# AMPLIFICATEUR CLASSE A DE 2 x 9 W<sub>eff</sub> AVEC LA 300B



Inversement, ce sont les secondaires des transformateurs de sortie qui seront orientés vers l'arrière des châssis (vers les prises HP châssis).

Si un potentiomètre de volume est vissé en face avant, le second lui est vissé en face arrière, de telle sorte que le corps de celui-ci soit situé dans le deuxième coffret IDDM. Ainsi, les 3 cosses de raccordements seront au plus près du module pré-

amplificateur de commande à ECL86. Le volumineux condensateur de filtrage se visse à un morceau de circuit imprimé au niveau des canons (+) et (-) pour son maintien sans bride de fixation.

Malheureusement l'épaisseur du châssis de 1,5 mm n'étant pas suffisante, il faut intercaler une surépaisseur de 3 à 4 mm (morceau de plexiglass par exemple, cette matière tendre se travaille bien).

L'ouverture doit correspondre à celle pratiquée dans le châssis, soit effectuer une fenêtre de 22x44 mm.

Prévoir plusieurs cosses à souder au niveau des canons du condensateur pour les interconnexions.

En figure 14, nous indiquons comment fixer les régulateurs 5 V, en boîtiers T0220, en prenant bien soin de les isoler du coffret (vérifier à l'ohmmètre). Cette

# LA REINE DES TRIODES

Figure 12B

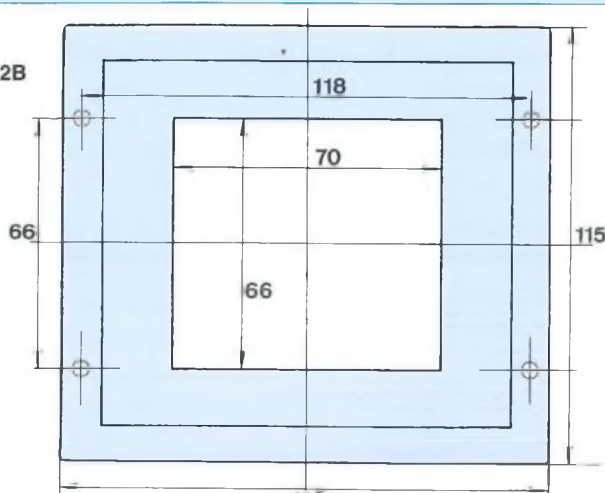


Figure 12C

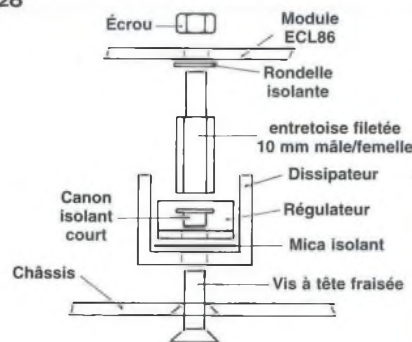
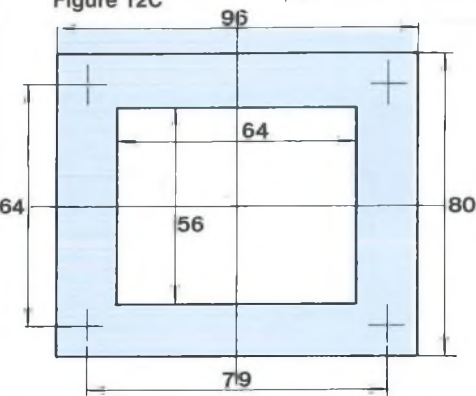
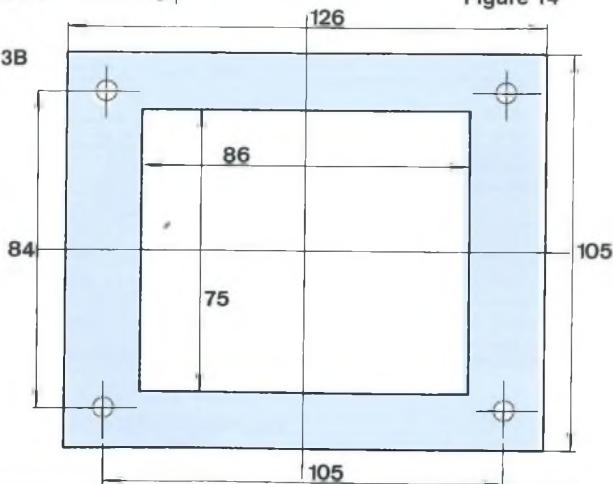


Figure 14

Figure 13B



patte de fixation pour le module préamplificateur, par la même occasion, est celle située vers le support de la 300B. De l'autre côté, nous utilisons une entretoise filetée mâle/femelle de 10 mm et une entretoise nylon de 5 mm glissée dans le filetage. Le support NOVAL de l'ECL86 peut ainsi être bien plaqué contre le châssis.

La résistance de cathode des 300B

(modèle en boîtier T0220) est vissée au châssis en la surélevant avec une entretoise filetée métallique mâle/femelle de 15 mm. Les pattes arrivent ainsi à hauteur des cosses du support 4 broches. Une patte est à souder à la broche 1 (fig 9B). En vissant le support de la 300B, faire attention que les cosses 1 et 4 (les plus grosses) soient bien orientées vers le transformateur de sortie. Le module rece-

vant les condensateurs C5 et C6 de découplage de la résistance de cathode R12 est vissé à une entretoise filetée de 10 mm, elle-même vissée à la tige filetée de fixation du transformateur de sortie.

Le module «Alimentation stabilisée H.T.» est fixé au-dessus de la self de filtrage, en utilisant ses 4 tiges filetées et des entretoises également filetées de 20 mm (pour dégager le module de la carcasse).

## LES INTERCONNEXIONS

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

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

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

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

- Souder la patte (-) du condensateur de filtrage C1 de 220  $\mu$ F/450 V au point milieu du secondaire haute tension de 2x300 V~ (masse de référence).

- Souder les anodes des diodes redresseuses D1 et D2 aux cosses extrêmes du secondaire de 2x300 V~, puis les cathodes au (+) du condensateur C1.

- De ce (+) de C1, établir la liaison avec une cosse de la self de filtrage SF1 de 10 H/400 mA.

Partir de l'autre cosse de la self et souder un fil entre celle-ci et le (+) du condensateur de filtrage C2 de 1 000  $\mu$ F/450 V (ou 1 500  $\mu$ F/400 V suivant disponibilité). La borne (-) de C2 sera reliée au point milieu de la H.T. du transformateur (c'est la masse de référence).

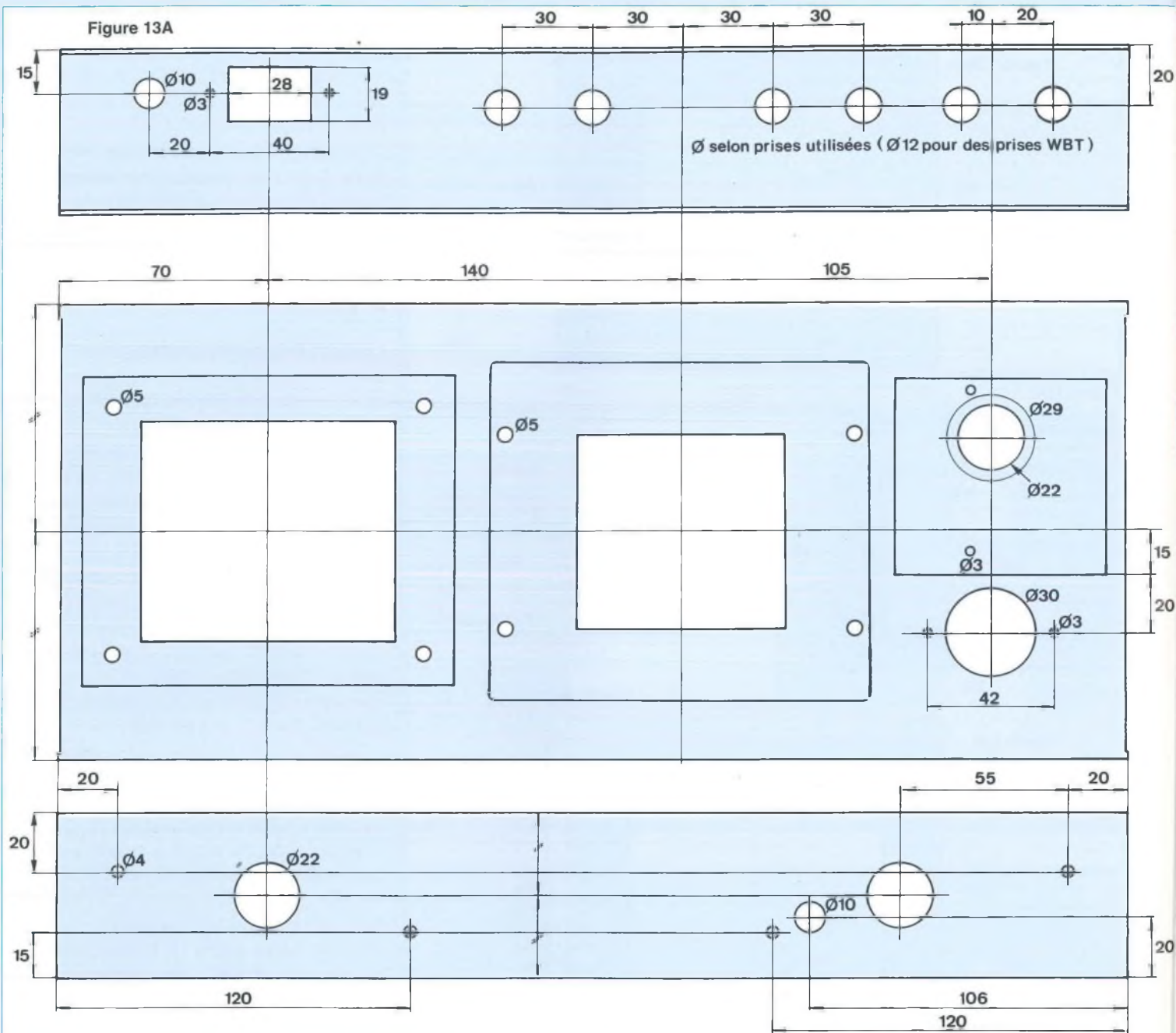
Toutes les interconnexions (+) et (-) d'alimentation H.T. arriveront aux «canons» de C2. Prévoir 4 cosses à souder par polarité (+) et (-). De ces «canons» (+) et (-) partiront des liaisons vers :

- Entrée du module de régulation H.T.

- Transformateurs de sortie.

Utiliser les couleurs «Rouge» pour le (+) et «Bleu» pour le (-). En fonction des impédances «primaires» et «secon-

# AMPLIFICATEUR CLASSE A DE 2 x 9 W<sub>eff</sub> AVEC LA 300B



## NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

### DIVERS

TRA1 : transformateur ACEA avec prise écran 230 V / 6V3 ; 2 x 3V15 ; 2 x 250 V ; 2 x 300 V  
 D1, D2 : diode à commutation rapide BYW96E ou équivalent (3 A / 1 000 V)  
 C1 : 220 µF / 450 V  
 C2 : 1 000 µF / 450 V (ou 1 500 µF / 400 V)

SF1 : self de filtrage 10 H / 400 mA  
 2 coffrets IDDM. Réf 55360  
 2 boutons  
 1 prolongateur d'axe ø 6 - ø 6  
 1 tige plastique ou aluminium de 15 cm  
 1 prise secteur mâle 3 broches, châssis  
 1 interrupteur  
 1 porte-fusible avec fusible 3 A retardé  
 4 prises HP châssis isolées

2 prises Cinch châssis isolées  
 8 vis à tête fraisée de 3 x 10 avec écrous (ou 3 x 8)  
 Plaque de plexiglass (pour surélever le condensateur C2 de 1 000 µF / 450 V)  
 Fil de câblage souple de différentes couleurs  
 4 pieds  
 Visserie de 4 x 10 mm



# LA REINE DES TRIODES

dares» désirées, des straps sont à réaliser entre les divers picots des transformateurs. La Société ACEA fournit un plan d'interconnexions avec ses transformateurs, ce qui écarte tout risque d'erreur.

Pour les interconnexions vers les prises HP, nous avons utilisé du câble de forte section, le même qui servira ensuite pour les liaisons Ampli/Enceintes.

La figure 9B donne les indications nécessaires pour un câblage direct des composants aux cosses du support de la 300B. Sur le prototype, nous avons préféré visser la résistance R12 à une entretoise filetée servant également au maintien d'une patte du support plutôt que de la souder sur le module recevant les condensateurs C5 et C6.

La liaison reliant la grille de la 300B à la sortie du préamplificateur ECL86 est très courte.

La cosse n°2 du support est à relier au primaire du transformateur de sortie, à l'opposé du picot +H.T. Le  $\pm 5$  V est à connecter au régulateur IC1, le (-) à la patte 0 V, le (+) au Vout.

Rappelons que le régulateur est fixé sous le module préamplificateur comme l'indique la figure 14. 0V et Vin vont ensuite se raccorder au module «Redressement filtrage».

L'alimentation régulée H.T. des étages préamplificateurs se fait en parallèle. Le fil +H.T. part du picot du module «arrière» (à côté des Cinch), se soude au passage au picot du module «avant» et part ensuite vers le (+) régulation H.T.

Faire de même pour le fil -H.T.

Relier les picots «chauffage filament» au petit module «Redressement/filtrage» de la fig 11C.

La résistance R1 peut être supprimée mais remplacée par un strap.

Le raccordement Cinch/potentiomètres se fait en câble blindé comme pour toutes les autres réalisations, excepté que l'un des potentiomètres est ici vissé au centre du châssis. Un prolongateur d'axe permet de visser une tige de commande afin que le bouton de réglage de volume puisse apparaître en face avant.

Ne pas oublier de raccorder les modules «Redressement/filtrage» au transformateur d'alimentation, 6V3 pour le chauffage des ECL86, et 2x3V15 pour le chauffage des 300B.

Les interconnexions sont terminées.

## ÉCOUTE

Parlons d'abord de ce qui se passe avant la première écoute, à la première mise sous tension. Il ne se passe rien, c'est le silence absolu à un tel point que nous

pensions que le fusible avait fondu en actionnant l'interrupteur !

Quant à l'écoute, elle est remarquable, chaleureuse et hyper dynamique. Le plus beau à notre avis se situe dans l'ampleur de l'image et sa profondeur inouïe. La précision de focalisation des voix est surprenante.

Faute de place, nous approfondirons dans notre prochain numéro.

Nous vous souhaitons une bonne réalisation et une bonne écoute.

Bernard Duval



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

☎ : 05 61 07 55 77

Fax : 05 61 86 61 89

email : Bernard.Toniatti@wanadoo.fr

## LA QUALITÉ AÉRONAUTIQUE MILITAIRE ET SPATIALE AU SERVICE DE L'AUDIOPHILE

### TRANSFORMATEUR D'ALIMENTATION

faible induction 1 Tesla - capoté - primaire 220/230 V avec écran

LED N°	Secondaires	Poids	Prix TTC
136-140	2x225 V-2x6,3 V	4,0 kg	500 Frs
138	2x300 V-2x6,3 V	2,8 kg	350 Frs
142	PREAMPLI TUBES circuits «C»	1,2 kg	520 Frs
143-145	2x230/240 V-12 V	4,6 kg	550 Frs
145	2x280 V-2x6,3 V	2,8 kg	350 Frs
146-150	2x380-2x6,3 V-5 V	6,0 kg	580 Frs
147-148	PREAMPLI TUBES circuits «C»	1,0 kg	490 Frs
149	ALIM. H.T. / Préampli tubes 2x300 V + 6,3 V	1,0 kg	490 Frs
151	2x270 V-12 V	4,6 kg	550 Frs
152	Prim. 220V - Ecran - Sec. 2x300 V- 2x6,3 V		6 kg

### TRANSFORMATEUR DE SORTIE

LED N°	Impédance Prim	Impédance Sec	PU	Poids	Prix TTC
136	4 000 Ω	4/8/16 Ω	40 W	2,8 kg	480 Frs
138	5 000 Ω	4/8/16 Ω		1,2 kg	225 Frs
140	1 250 Ω	4/8 Ω	20 W	2,8 kg	520 Frs
143	2 000 Ω	4/8 Ω	60 W	4,0 kg	560 Frs
146	625 Ω	4/8 Ω	40 W	4,8 kg	580 Frs
Solo 145	7 000 Ω	8 Ω + 1 sortie		1,1 kg	590 Frs
Impédances sec. 8-100-300-600 Ω Ampli chaîne et casque, cuve moulée en «C» + 65 Frs par sortie supplémentaire					
146-150	6 600 Ω	4/8 Ω		2,9 kg	610 Frs
146-150-152	self 10H, tôle	330 Frs	circuit C		290 Frs
151	self 3H		circuit C		290 Frs
151	9 000 Ω	4/8 Ω			510 Frs
152	2,3/2,8/3,5 kΩ	4/8/16 Ω	30 W	5,5 kg	1 400 Frs avec sérigraphie

Support NOVAL C.I.	Prix unitaire	22 Frs
Support cosses OCTAL et 4 bornes (4 cosses)	Prix unitaire	30 Frs
Capot nickelé pour transfo.	Prix unitaire	120 Frs

### AUTRES TRANSFO. ET SELFS : nous consulter

### LAMPES

ECC83	Prix Unit :	60 Frs	ECC82	Prix Unit :	60 Frs
EF 86	Prix Unit :	140 Frs	ECC81	Prix Unit :	65 Frs
ECL86	Prix Unit :	75 Frs	ECF82	Prix Unit :	70 Frs
GZ32	Prix Unit :	100 Frs	EZ80	Prix Unit :	53 Frs
EZ81	Prix Unit :	103 Frs			

### LAMPES APPAIRÉES (prix par 2)

EL34	Prix :	265 Frs	EL84	Prix :	110 Frs
KT88	Prix :	550 Frs	6550	Prix :	670 Frs
300B Sovtek	Prix :	1 600 Frs			

CONDITIONS de VENTE : Règlement par chèque joint à la commande.  
PORT : 78 Frs le premier transfo, 25 Frs en plus par transfo supplémentaires.  
LAMPES : de 1 à 4 : 38 Frs et de 5 à 10 : 58 Frs (gratuit avec achat transfo).



**Audio Note**

*L'esprit de la musique*

## TUBES ELECTRONIQUES

### Tubes d'entrée :

12AT7 / ECC81 Sylvania USA	60
ECC82 / 12AU7 / 5814A Sylvania USA	60
E83CC / 12AX7WA Sovtek	40
E83CCS / 12AX7WB Sovtek	50
E83CC01 / 12AX7WXT Sovtek	50
E88CC / 6922 / 6DJ8 JAN Sylvania-Philips ECG USA	90
5687WB JAN Sylvania-Philips ECG USA	90
CV4068 - 13D3 Brimar UK	130
12AY7 / CV3650 / 6072A JAN General Electric USA	170
12BH7A General Electric USA	190
6FQ7 / 6CG7 RCA USA	130
6SL7GT Sovtek	40
6SL7WGT Sylvania USA	150
6SN7GT Sovtek	40
6SN7WGTA JAN Sylvania-Philips ECG USA	150
EF86 Sovtek	90

### Tubes de puissance :

EL34G+ Sovtek	70
6BQ5 / EL84 Sovtek	30
6BQ5WA / EL84M Sovtek	60

6V6GT Sovtek	40
6L6GC Sovtek	40
6L6GC General Electric USA	220
KT66 Shuguang	290
KT88R Shuguang	390
6550C Svetlana	220
AN-2A3 Audio Note	290
300B Sovtek	650
AN-300B Audio Note	750
AN-211S Audio Note	380
AN-845 Audio Note	460

### Tubes de redressement :

5Y3GT Sovtek	40
5AR4 / GZ34 Sovtek	100
5R4GYS Radiotechnique	130
5U4G Sovtek	70
6X5 Sovtek	60
6X5WGT JAN Sylvania-Philips ECG	120

Défenseur du circuit triode simple étage sans contre-réaction depuis plus de vingt ans, **Audio Note**, créateur du mythique **Ongaku**, est la plus prestigieuse marque d'amplificateurs à tubes dans le monde.

**Audio Note**, c'est aussi une gamme complète d'amplis, de préamplis et d'amplis - préamplis intégrés, de lecteurs CD, de transports et de convertisseurs numériques, de platines analogiques, de bras, de cellules et de transformateurs MC, de câbles et d'enceintes à la musicalité inégalée.

Afin de permettre à l'amateur de restaurer ou d'améliorer tout système, ou de mener à bien sa propre réalisation, **Audio Note** propose une gamme complète de composants de la meilleure qualité possible, ceux-là même qui sont utilisés dans les différents appareils manufacturés par **Audio Note**, tant au Japon qu'en Angleterre : transformateurs de sortie et d'alimentation, selfs, condensateurs au papier huilé à feuille d'aluminium, de cuivre ou d'argent, condensateurs **Cerafine** et **Black Gate**, tubes et embases de tubes, résistances à couche métallique ou tantale, potentiomètres et sélecteurs, transformateurs de ligne et de cellule MC, fils de câblage en argent, toute la connectique, et de bien d'autres choses encore dont vous rêviez sans savoir qu'elles existaient.

Le catalogue complet des kits et composants **Audio Note** est disponible sur simple demande.

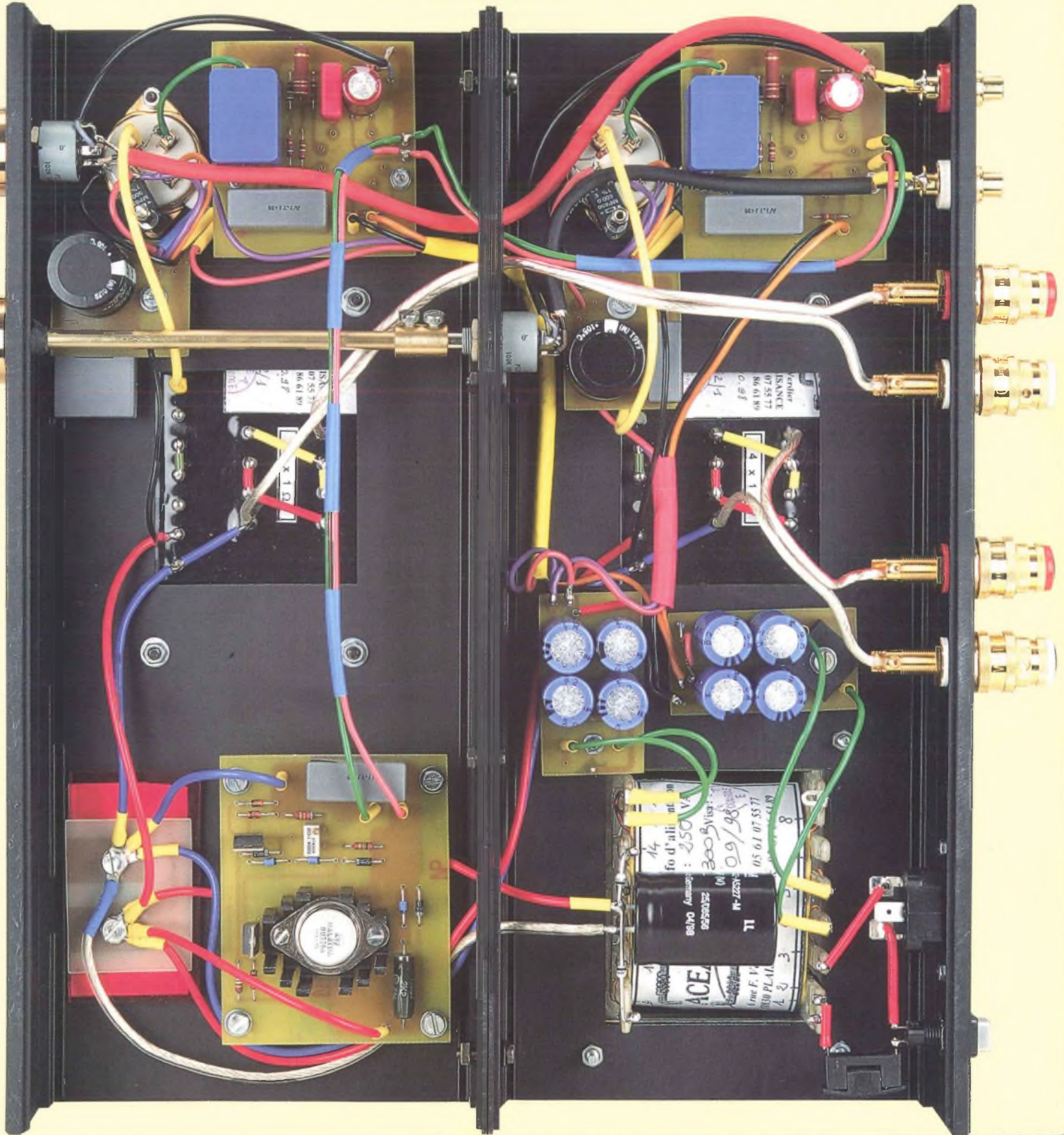
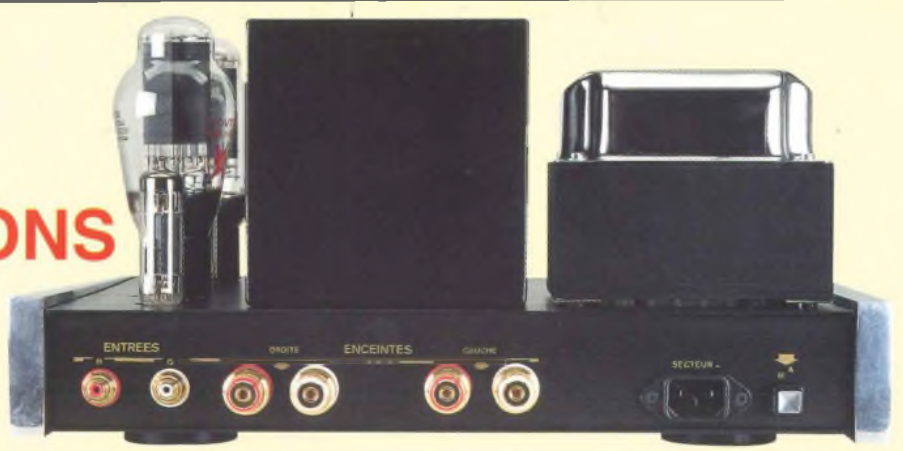
### Triode et Compagnie -

23 Boulevard de l'Yser - 75017 Paris

Tél : 01.45.74.69.30

(magasin ouvert du lundi au samedi de 14h à 19h30)

# INTERCONNEXIONS DU 300B



# WBT®

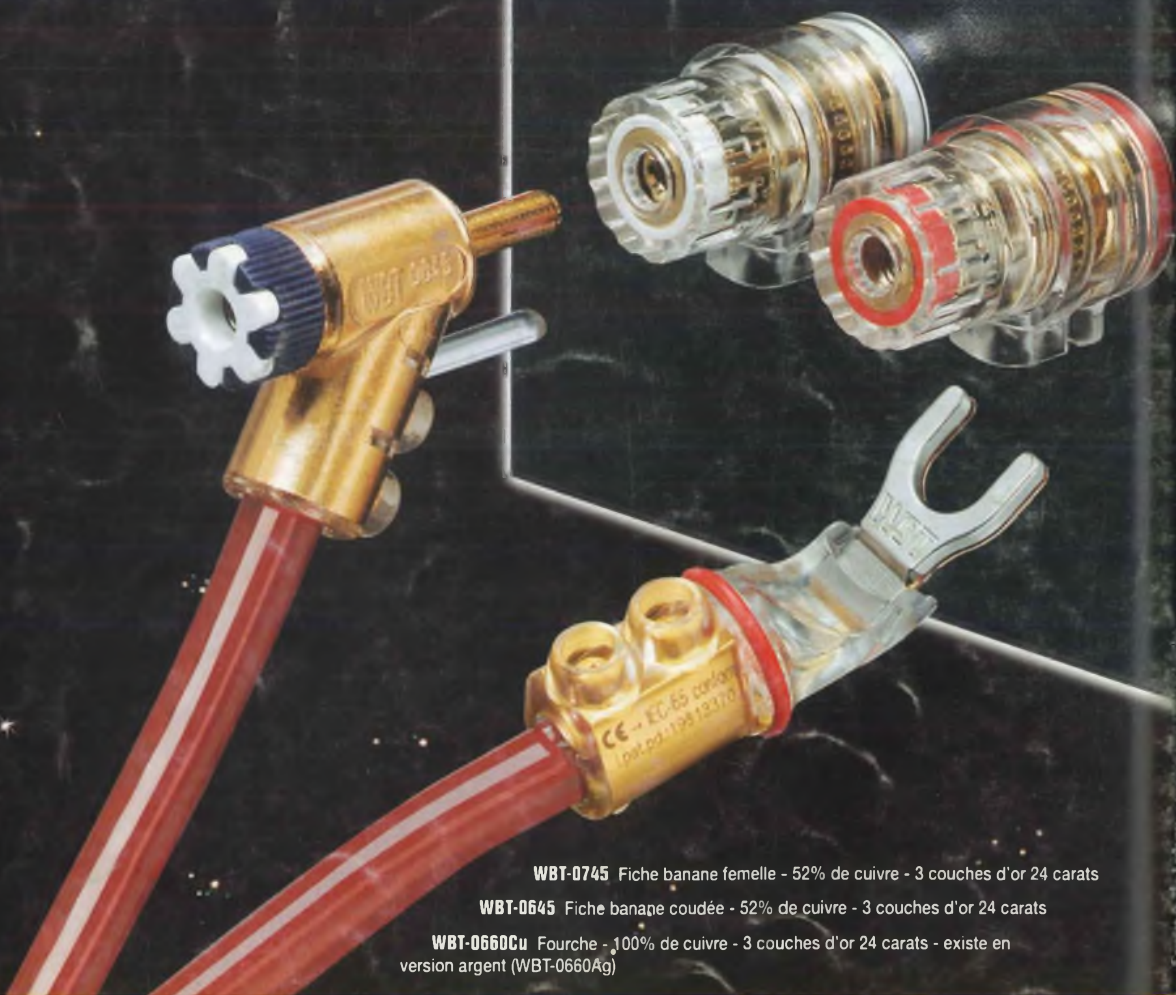
Avez-vous déjà eu  
l'embarras  
du (bon) choix ?



**WBT-0108**  
Fiche coaxiale  
68% de cuivre  
5 couches d'or 24 carats  
montage en sertissage  
existe en version soudable



**WBT-0201**  
Fiche coaxiale châssis  
68% de cuivre  
montage par soudure  
existe en version à sertir



**WBT-0745** Fiche banane femelle - 52% de cuivre - 3 couches d'or 24 carats

**WBT-0645** Fiche banane coudée - 52% de cuivre - 3 couches d'or 24 carats

**WBT-0660Cu** Fourche - 100% de cuivre - 3 couches d'or 24 carats - existe en version argent (WBT-0660Ag)

## BC Acoustique

ENCEINTES HAUTE-FIDÉLITÉ

BP 306 - 94709 Maisons-Alfort Cedex - Tél. : 01 43 68 25 00 - Fax : 01 43 68 37 00

informations sur internet - <http://www.bc-acoustique.com>

**BC Acoustique** n'est pas seulement un concepteur d'enceintes français réputé aux quatre coins du globe, nous sommes aussi connus pour être des passionnés résolus... Les fabricants des meilleurs produits mondiaux nous ont sollicités afin de distribuer leurs produits. **WBT**, **CHORD** et **SEAS** sont ainsi distribués par nos soins avec l'amour de la musique et le professionnalisme qui nous caractérisent.

Vous pouvez obtenir une documentation ou l'adresse des revendeurs agréés de ces produits **sur simple demande**.