

Straight, ampli à tubes

2^{ème} partie : platines et réalisation

Bob Stuurman

La construction du « Straight » est (quasiment) un jeu de (grand) enfant. En fait, une version stéréo requiert 2 platines d'amplificateurs, une platine d'alimentation fournissant la haute tension et la tension de grille négative, une paire de transformateur de sortie et un transformateur d'alimentation. Nous avons développé 2 circuits imprimés pour faciliter la réalisation de cet amplificateur mais rien n'interdit d'envisager de travailler « à l'ancienne » à l'aide de plots de soudage.



Le châssis comporte 2 parties : un bac en forme de U en aluminium recouvert d'une plaque d'aluminium. Le bac sert de support aux transformateurs de sortie sur le dessus et au transformateur d'alimentation sur le dessous. Le seul poids des transformateurs dépasse les 8 kilos, ce bac donnant la rigidité suffisante au châssis. La branche arrière du bac se trouve à la même hauteur que l'arrière de la plaque; c'est à cet endroit que se trouvent tous les connecteurs et la commande de volume « principale » (*master*). L'utilisation d'une entrée secteur de type euro à filtre secteur, interrupteur marche/arrêt et porte-fusible intégrés, nous limitons au strict indispensable le câblage à effectuer au niveau du secteur. Il n'est pas nécessaire de prévoir d'ampoule de visualisation de la présence de la tension d'alimentation vu que lorsque l'amplificateur est sous tension les tubes l'indiquent à l'évidence.

Mesures de sécurité

Cet amplificateur véhicule des tensions élevées létales. Les condensa-

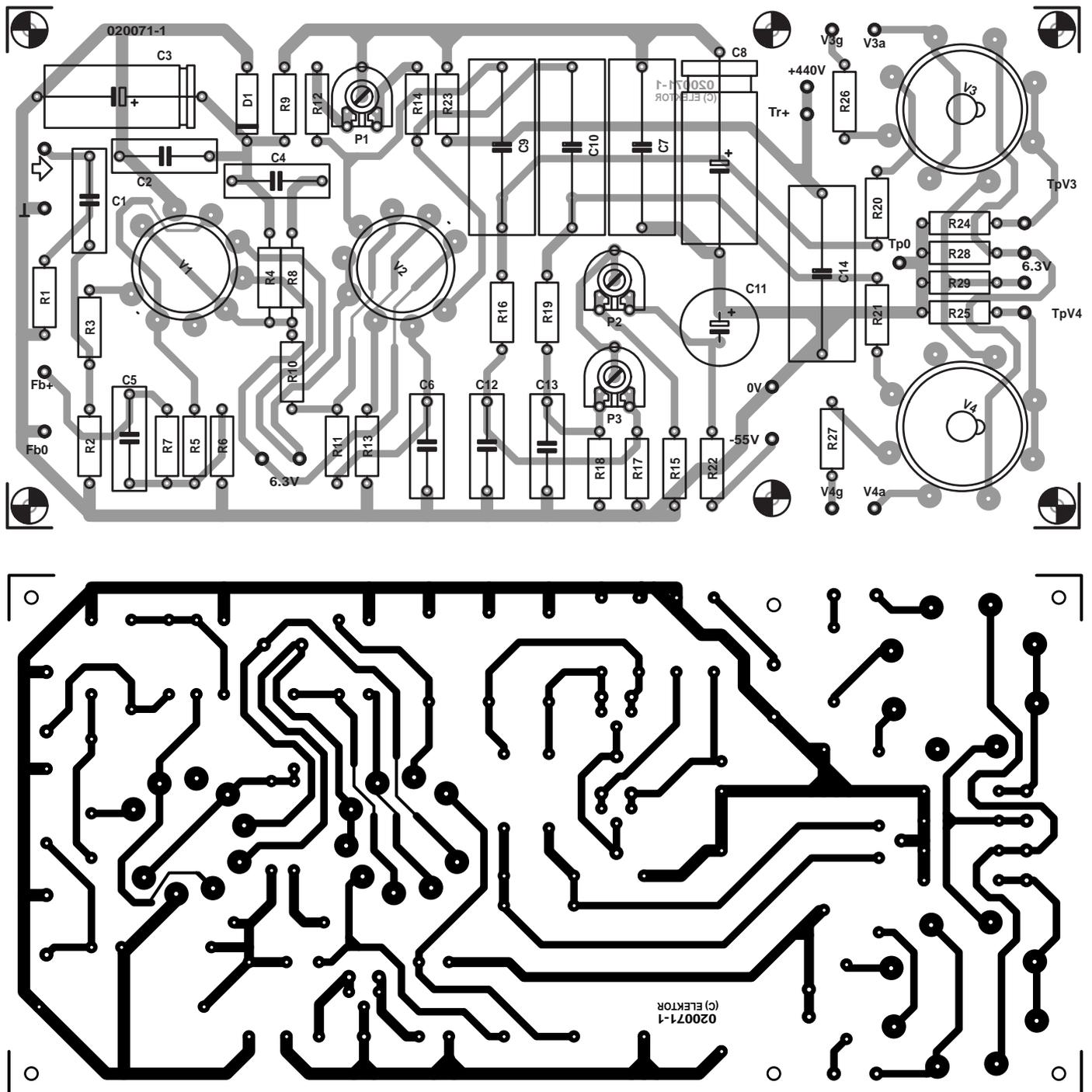


Figure 1. Dessin des pistes et sérigraphie de l'implantation des composants de la platine de l'amplificateur en version mono.

teurs électrochimiques présents sur la platine de l'alimentation ont une capacité importante de sorte qu'il faut, après la coupure de l'alimentation, un certain temps (et un temps certain) avant que la haute tension ait chuté à une valeur ne présentant plus de danger. Il faudra partant, pendant la période des essais, brancher 2 ampoules à incandescence de 220 V/15 W en série sur la haute ten-

sion. Dans ces conditions, dès la coupure de la tension du secteur les condensateurs se déchargent en quelques secondes. Elles n'ont pratiquement aucune influence sur le fonctionnement de l'amplificateur.

Réalisation des platines

La figure 1 vous propose le dessin des pistes et la sérigraphie de l'im-

plantation des composants du circuit imprimé de l'amplificateur. Le seul élément à ne pas y trouver place est le transformateur de sortie. Il s'agit d'une platine simple face qu'il vous sera facile de réaliser vous-même, mais elle est également disponible toute faite auprès des adresses habituelles sous la dénomination **EPS020071-1**. Si vous décidez de réaliser une version stéréo de cet amplificateur il vous en faudra 2 exemplaires. Pour toutes les connexions nous avons fait

Liste des composants du « Straight » par canal

Résistances :

(Toutes les résistances sont des Beyschlag MBE0414 ou BC Components PR-02, dim. 4 x 12 mm à film métal)

- R1,R2,R11 = 1 M Ω
- R3 = 4k Ω 7
- R4,R17,R18 = 47 k Ω
- R5 = 390 Ω
- R6,R22,R28,R29 = 100 Ω
- R7 (HP 8 Ω) = 3k Ω 3
- R7 (HP 4 Ω) = 2k Ω 2
- R8 = 27 k Ω
- R9 = 100 k Ω
- R10,R26,R27,R30 = 1 k Ω
- R12,R14 = 150 k Ω
- R13 = 82 k Ω
- R15 = 15 k Ω
- R16,R19 = 390 k Ω
- R20,R21 = 2k Ω 2
- R23 = 10 k Ω
- R24,R25 = 10 Ω
- P1 = ajustable 50 k Ω
- P2 = ajustable 10 k Ω
- P3 = ajustable 20 k Ω

(Tous les ajustables sont des Bourns de type 3386P)

Condensateurs :

(Ce sont tous, sauf mention contraire, des condensateurs film Wima MKS4)

- C1 = 470 nF/100 V au pas de 15 mm
- C2 = 100 nF/400 V au pas de 15 mm
- C3 = 10 μ F/350 V ou 450 V axial dim. 12 x 25 mm
- C4 = 100 pF/630 V polypropylène dim. 5 x 11 mm
- C5 (HP 8 Ω) = 680 pF/630 V polypropylène dim. 5,5 x 15 mm
- C5 (HP 4 Ω) = 1 000 pF/630 V polypropylène dim. 5,5 x 15 mm
- C6,C12,C13 = 220 nF/250 V au pas de 15 mm
- C7,C14 = 470 nF/630 V au pas de 27,5 mm
- C8 = 10 μ F/450 V, axial dim. 15 x 30 mm
- C9,C10 = 100 nF/630 V au pas de 22,5 mm
- C11 = 470 μ F/63 V radial dim. 12,5 x 25 mm

Semi-conducteurs :

D1 = diode zener 200 V/1,3 W

Tubes :

- V1 = EF86
- V2 = ECC83
- V3,V4 = EL34 appariés

Divers

- 2 supports encartables Noval (9 points) céramique
- 2 supports encartables Octal (8 points) céramique
- Tr1 = transformateur équilibré de sortie Lundahl LLI620 P-P

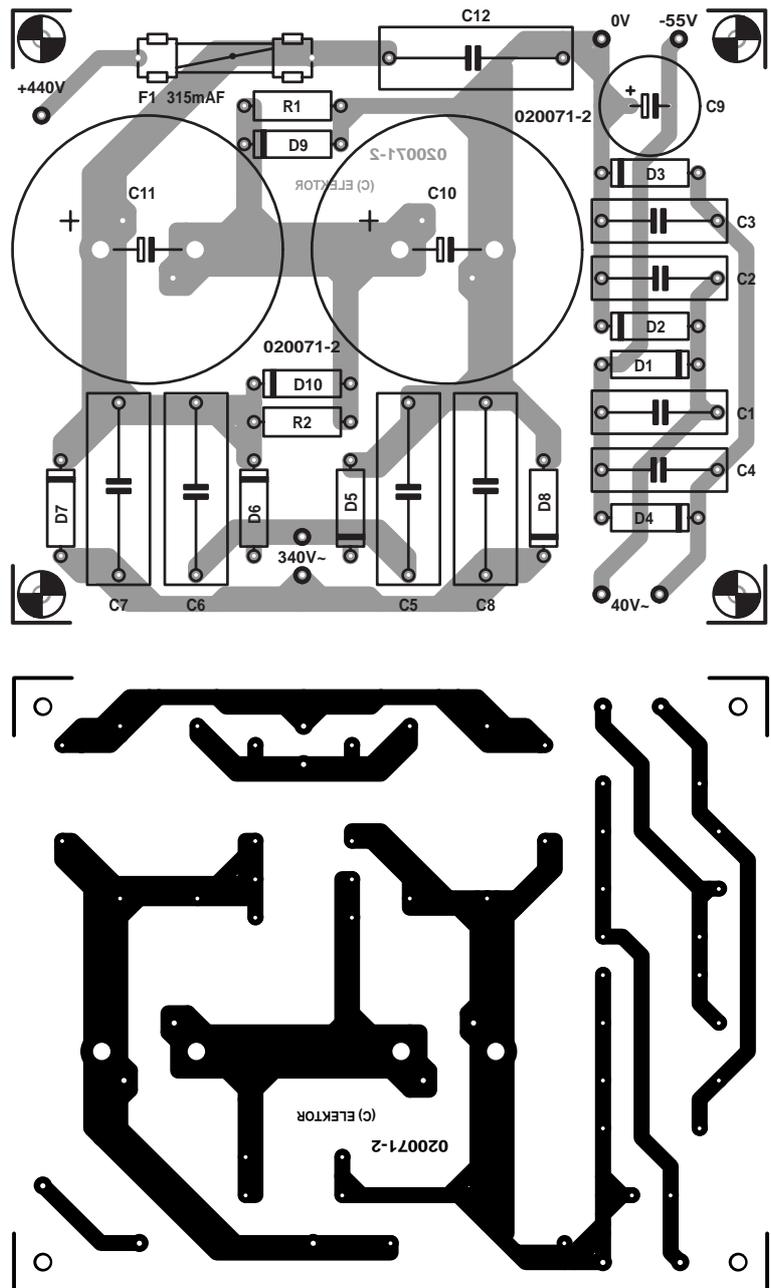


Figure 2. Dessin des pistes et sérigraphie de l'implantation des composants de la platine de l'alimentation.

appel à des picots de 1,3 mm de section et aux connecteurs correspondants. Nous avons utilisé, pour les tubes V1 et V2, des supports noval dont il existe 2 modèles, à savoir l'un en plastique, l'autre en céramique. La platine a été dessinée pour les versions céramiques. Pour ce qui est de V3 et V4, les EL34, il s'agit de support octal en céramique. Ces supports possèdent des languettes de soudage de 2 mm de large et de 0,5 mm d'épaisseur. Il faudra, pour garantir une fixation

solide des supports à la platine, élargir quelque peu les orifices présents dans la platine en utilisant un petit foret comme une sorte de fraise. 6 orifices de fixation permettent de fixer la platine solidement sur la plaque de base, la partie où se trouvent les supports des tubes de puissance étant ainsi encore mieux supportée.

Si tant est que l'on respecte les spécifications de la liste des composants la mise en place des différents éléments est très simple, ils d'adap-

tent tous parfaitement. Les résistances de type PR-02 de BC Components (Ex-Philips) ont une tolérance de 1% et possèdent 4 anneaux de couleur. Il est judicieux, comme il peut arriver que la lecture de la valeur soit délicate, de toujours vérifier sa lecture par une mesure à l'ohmmètre.

Les supports pour les tubes sont soudés côté « pistes ». On pourra, pour pouvoir fixer les contacts de façon optimale lors des opérations de soudage, enficher les tubes dans les supports. Faites bien attention, dans le cas des supports octal, au positionnement correct du repère vu que ces supports se laissent mettre dans pratiquement n'importe quelle position et qu'il devient pratiquement impossible de les enlever une fois soudés en place.

La platine simple face de l'alimentation (**figure 2**) est disponible aux adresses habituelles sous la dénomination **EPS020071-2**. Ici à nouveau nous avons utilisé, pour les connexions, des picots de 1,3 mm et les connecteurs correspondants. La réalisation de la platine de l'alimentation n'appelle pas de remarque particulière il suffit de faire attention à la polarité des diodes et des condensateurs électrochimiques.

La construction

Dans la partie inférieure gauche du plan de câblage de la **figure 3** nous indiquons les dimensions de la plaque du châssis et du bac. Ce dernier est fait d'une plaque d'aluminium de 370 mm de long et de 290 mm de large, que l'on plie en U, chaque plan vertical faisant 80 mm (le fond de l'U faisant partant 130 mm de large).

L'intérêt de ce châssis est que l'on peut travailler indépendamment l'un de l'autre sur le bac et la plaque. Certains des orifices existent et dans le bac et dans la plaque de sorte qu'il faudra, pour les effectuer, fixer (momentanément) ces 2 éléments l'un à l'autre. C'est la raison de la présence, sous les couvercles de protection des transformateurs, d'orifices-repères de fixation pouvant recevoir des boulons de 2 mm.

Il va nous falloir, pour l'étape suivante, des gabarits en papier, en papier transparent de préférence.

Les gabarits des platines des amplificateurs et de l'alimentation pourront prendre la forme de photocopies des sérigraphies de l'implantation des composants, les dimensions des platines et les positions des orifices de fixation y étant indiquées. Il faudra effectuer, pour le transformateur de sortie y compris son couvercle de protection, un relevé des dimensions extérieures (qui sont en fait celle du couvercle) et des orifices à percer (pour le transformateur et le couvercle cette fois). Le gabarit du transformateur d'alimentation prend en fait la forme d'un cercle avec point central. Effectuez également des gabarits de l'entrée de tension secteur euro et du réglage de volume ALPS. Ces gabarits sont collés sur la plaque du châssis de manière à ce que les platines des amplificateurs se trouvent à 13 mm des bords avant et latéraux (espace nécessaire aux poutrelles de support du coffret). Les écrous de fixation des couvercles des transformateurs doivent eux aussi rester à l'intérieur du bac en U. Les transformateurs aux noyaux en forme de C se trouvent dans le prolongement l'un de l'autre. Le transformateur de l'alimentation vient se placer au milieu du bac en U.

Il est possible maintenant de centrer les orifices et de les percer. Chaque transformateur de sortie requiert 2 orifices servant au passage des conducteurs. Si on veille à disposer ces orifices à l'intérieur de la partie recouverte plus tard par le couvercle, ils ne seront pas visibles une fois l'amplificateur terminé.

Tout autour des supports des tubes, nous avons percé 6 orifices de 8 mm de diamètre destinés à permettre une circulation d'air, à des fins de refroidissement, les EL34 atteignant une température relativement importante.

Les conducteurs allant aux filaments sont placés dans un guide-câble collé à l'intérieur de l'un des angles du support en U (identifié par un « 1 » en bas à droite du plan de câblage). Il est prévu des orifices de passage sur les platines au niveau des points de connexion aux filaments.

Le câblage vers les points 0 V, -55+V et +440 V prend place dans un guide-câble disposé en position « 2 ».

Liste des composants de l'alimentation

Résistances :

R1,R2 = 47 k Ω (Beyschlag MBE0414 ou BC Components PR-02, dim... 4 x 12 mm)

Condensateurs :

C1 à C4 = 100 nF/400 V au pas de 15 mm

C5 à C8 = 100 nF/1 000 V au pas de 22,5 mm

C9 = 470 μ F/63 V radial au pas de 5 mm dim. 12,5x25 mm

C10,C11 = 470 μ F/400 V radial au pas de 10 mm (tel que, par exemple, Roederstein série EYS)

C12 = 100 nF/630 V au pas de 22,5 mm

Semi-conducteurs :

D1 à D4,D9,D10 = 1N4007

D5 à D8 = BYW96E

Divers

porte-fusible encartable + fusible 315 mA/rapide

transformateur d'alimentation sec.

340 V/700 mA, 6,3 V/6,8 A et 40 V/0,1 A (tel que, par exemple, Amplimo 7N607)

Les transformateurs Lundahl avec leurs couvercles sont disponibles, entre autres, chez Aquablue à Anvers (www.diyparadiso.com), mais peuvent également être commandés directement chez Lundahl (www.lundahl.se).

Canford Audio PLC (www.canford.co.uk) est également distributeur de Lundahl. Ils ont un bureau en France.

Les supports pour les tubes sont disponibles, entre autres, chez Aquablue, Conrad (www.conrad.nl) et Amplimo (www.amplimo.nl). Les tubes électroniques peuvent également être trouvés à ces adresses. Les résistances PRO2 sont vendues par DOS (De Onderdelen Specialisten www.dos.nl/index.html) et Farnell (www.farnell.com), les condensateurs MKS4 -par DOS, Conrad et Farnell.

Autres composants

un ensemble entrée secteur châssis euro à filtre secteur, porte-fusible et interrupteur marche/arrêt intégrés + fusible 1,5 A retardé

2 résistances NTC 5 Ω /5 W (Amplimo ou Conrad)

1 potentiomètre audio 2 x 100 k Ω log (tel que, par exemple, Alps type RK-27112) avec bouton

2 embases châssis Cinch (isolées)

2 bornes à fourche rouge (isolées)

2 bornes à fourche noir (isolées)

2 couvercles pour les transformateurs de sortie

Réglages

Il faudra, lors du réglage de l'amplificateur et de mesures, brancher à la sortie haut-parleur (lire enceinte) une charge de 8 ou 4 Ω. On pourra donner à cette charge la forme d'une série de résistances de puissance montées sur un radiateur. Si l'on oublie de charger l'amplificateur on court le risque d'une surtension au niveau du transformateur de sortie avec comme conséquences possibles une destruction de ce dernier.

Les tubes de puissance ne sont pas auto-régulateurs (nous n'utilisons pas ici de résistance de cathode mais une résistance de grille négative), de sorte qu'il est recommandé de les acheter appariés par paire.

Il faudra procéder, et dans l'ordre donné, aux réglages suivants : DC current, DC balance et AC balance (respectivement courant CC, équilibre CC et équilibre CA (CC = continu, CA = alternatif). Le vieillissement des tubes en modifie les caractéristiques; il est partant judicieux, au début, de vérifier le réglage au bout de quelques semaines et plus tard tous les quelques mois.

Le courant au travers des tubes peut présenter de légères variations. Il est pour cette raison relativement délicat de procéder au réglage en utilisant un voltmètre numérique; il est préférable d'utiliser un instrument analogique à affichage à aiguille. Vu que le réglage est une opération répétitive au fur et à mesure des années, il n'est pas mauvais de prendre quelques dispositions facilitant ce processus. Nous allons utiliser un petit dispositif auxiliaire. À cet effet on fixera, à l'aide d'un morceau de scotch double face, à un endroit facilement accessible, et pour chaque étage, une embase à 3 contacts. Le contact central est relié au point de test Tp0, les contacts extérieurs l'étant respectivement aux points TpV3 et TpV4. Notre dispositif auxiliaire sera doté d'une embase femelle à 3 contacts à l'extrémité de son câble de connexion (qui ira s'enficher dans l'embase évoquée quelques lignes plus haut).

Chaque EL34 doit être traversée par un courant (anode + grille de protection) de 50 mA, la dissipation de chaque tube étant de quelque 22 W. On relève, aux bornes de la résistance de cathode de chaque tube, une tension de l'ordre de 0,5 V.

Il va falloir commencer par le réglage de notre dispositif auxiliaire. Appliquez aux points de connexion Tp0 et Tp3 du circuit représenté ci-contre, une tension continue de 0,5 V et ajustez, par action sur P1, l'affichage, sur l'instrument de mesure, à 50 (lire des mA au lieu des μA affichés). S1 doit se trouver en butée vers le haut, dans la position DC current (courant CC).

On mesurera, dans la position DC balance (équilibre CC), la différence de tension entre les points TpV3 et TpV4. S'il circule, à travers les tubes, des courants identiques, l'instrument affichera « 0 ». Notons que la sensibilité est ici plus importante, vu que seule R1 fait office de résistance de limitation de courant.

Dans la position AC balance (équilibre CA) les points TpV3 et TpV4 sont interconnectés, un casque d'écoute branché sur le jack femelle K1 permettant d'entendre le signal.

Réglages de DC current et de DC balance

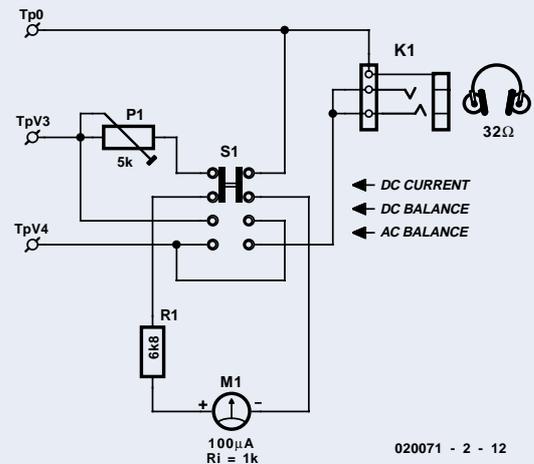
Mettez, sur chacune des platines des amplificateurs, les ajustables P1 et P3 et position milieu, P2 étant lui tourné en butée dans le sens anti-horaire, de manière à ce que la tension de grille ait sa valeur la plus négative possible. Mettez l'auxiliaire de réglage en position DC current et connectez-le à l'embase ajoutée à son intention sur l'amplificateur. Mettez l'amplificateur sous tension. Attendez quelques minutes et ajustez, par action sur P2, l'affichage de l'instrument de mesure à 40 mA, avant d'ajuster, après être passé en position DC balance (S1 en position centrale) l'affichage aussi bien que possible à « 0 » par action sur P3. Après une dizaine de minutes de fonctionnement on pourra augmenter à 50 mA le DC current et reprendre le réglage de la valeur de DC balance.

Réglage de AC balance

Le réglage de cet élément se fait, normalement, à l'aide d'un distorsiomètre. Mr Byrith a imaginé une solution pour effectuer ce réglage à l'oreille. Mettez le commutateur en position AC balance et appliquez à l'entrée de l'amplificateur un signal sinusoïdal de 1 kHz/100 mV_{eff}. Écoutez au casque le signal produit et jouez sur P1 jusqu'à ce que le signal de 1 kHz soit devenu le plus faible possible. Si l'on entend aussi le ronflement du secteur ainsi que des harmoniques du sinus et que le signal acoustique surfe sur des « vagues » il n'en reste pas moins possible de trouver une position dans laquelle le signal de 1 kHz est minimum. On trouve alors sur les cathodes le signal de phase opposé mais d'amplitude identique. Une excellente idée.

Réglage du signal carré

Le condensateur C5 pris dans la boucle de contre-réaction sert à la correction de l'évolution de la phase. S'il a une valeur trop faible, les coins du signal carré sont rabotés et, si sa valeur est trop importante, on constate des pics. Il faudra, pour cette mesure, disposer d'un générateur de signal carré et d'un oscilloscope.



Les platines des amplificateurs sont fixés sur la plaque à l'aide d'entretoises de 10 mm. À l'aide de rondelles on ajuste leur position de manière à ce que les supports des tubes de puissance arrivent en butée contre la plaque supérieure. La platine de l'ali-

mentation est elle aussi fixée à l'aide d'entretoises. Les platines des amplificateurs sont séparées par une plaque de protection en aluminium. Le réglage de volume ALPS sera encapsulé dans un blindage réalisé dans une tôle de faible épaisseur.

Premiers essais

Tant que les platines des amplificateurs n'ont pas encore été mises à leur place définitive il reste possible d'atteindre n'importe quel endroit. Il est judicieux, pour pouvoir en vérifier le bon fonctionnement, d'avoir déjà réa-

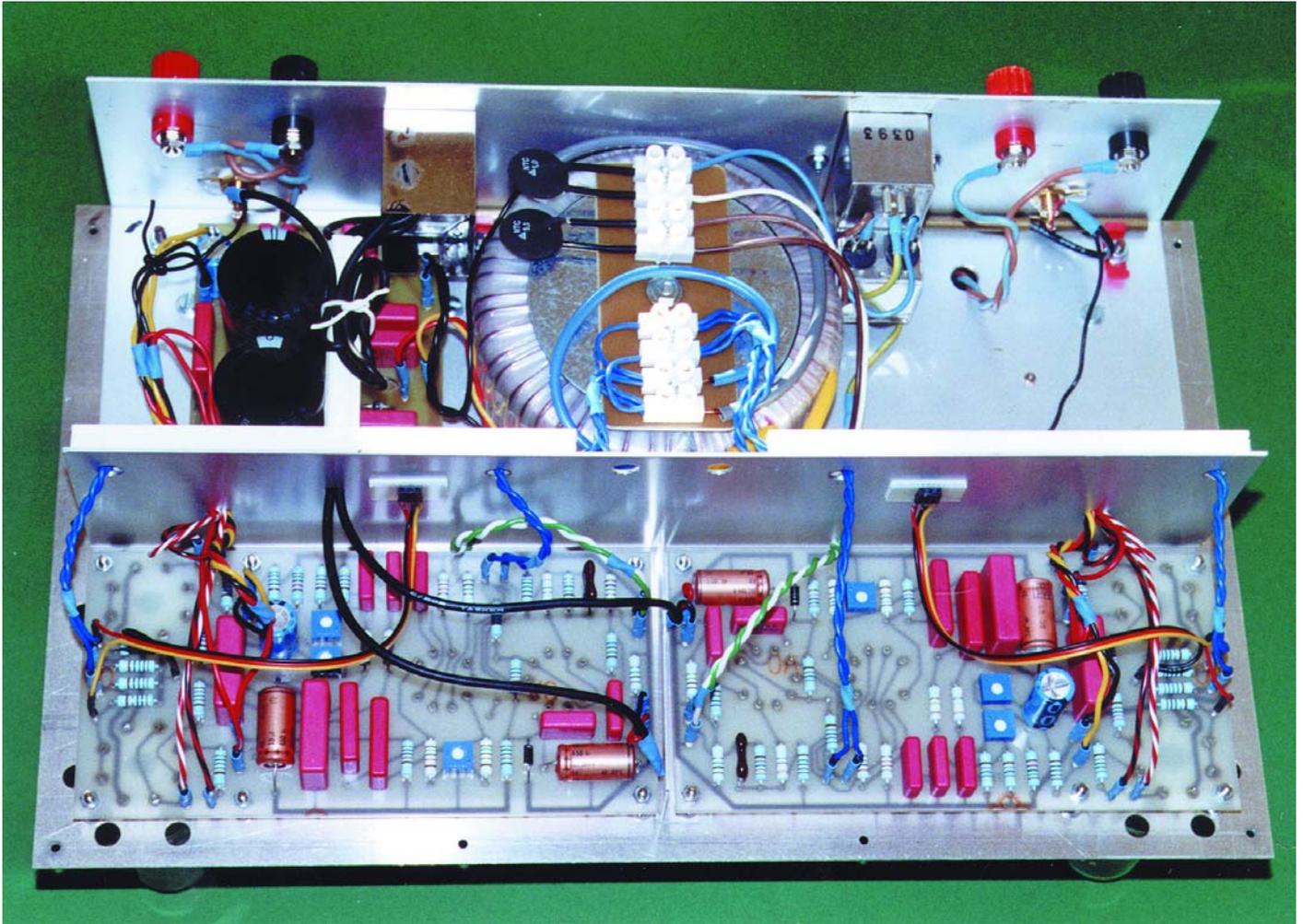


Figure 4. Vue plongeante sur le dessous d'un exemplaire terminé d'un amplificateur « Straight ».

lisé l'alimentation. Pour cela, nous allons monter le transformateur d'alimentation et la platine de l'alimentation dans le bac en U qui recevra également l'entrée secteur de type euro que l'on aura dotée d'un fusible de 1,5 A retardé. Sur une plaquette d'époxy nous avons placé une double rangée de 4 borniers fixés à l'aide de vis de 3 mm dont la tête biseautée vient s'encaster sur le dessous de la plaquette. Cette dernière est fixée, par le biais d'un écrou additionnel, sur le boulon de fixation du transformateur d'alimentation. Les 4 borniers inférieurs servent à la connexion des filaments. La quasi-totalité du câblage (exception faite des conducteurs plus gros allant vers les bornes de connexion des haut-parleurs) prend la forme de câble souple d'une section de 0,5 mm² de différentes couleurs. Un bornier accepte sans le moindre problème jusqu'à 3 de ces conducteurs. Les 4 borniers supérieurs servent à la connexion des conducteurs secteur du transformateur vers la prise secteur euro d'entrée. Chacun de ces conducteurs est doté d'une résistance NTC prise en série avec lui. Ces

composants atténuent le choc de mise sous tension. Ils ne sont pas indispensables au fonctionnement correct de l'amplificateur mais constituent une solution à la fois simple et efficace de temporisation à la mise en fonction. Une fois que l'on aura effectué le câblage entre l'entrée secteur, le transformateur d'alimentation et la platine de l'alimentation on pourra tester le fonctionnement de cette dernière. Pour cela on connecte les 2 ampoules à incandescence de 220 V/15 W prises en série aux lignes +440 V et 0 V avant de mettre le système sous tension. Si les ampoules s'allument on pourra vérifier, au voltmètre (et en prenant les précautions requises !), les valeurs de la HT et de la tension de grille négative. Après avoir coupé la tension, on connectera la platine de l'amplificateur (sans la fixer dans le boîtier) à

l'alimentation et on y reliera le transformateur de sortie. Attendez avant de brancher la HT et commencez par vérifier que les tubes s'allument. Dans le cas du EF86 il est possible de s'en assurer (encore que cela ne soit pas très évident) en regardant le tube par le haut. Sortez les tubes de puissance (après avoir coupé l'alimentation bien entendu) et connectez la HT. On pourra, après avoir remis l'ensemble sous tension et laissé le temps aux EF86 et ECC83 de chauffer, vérifier les tensions aux bornes des supports de ces tubes. Il se peut que les valeurs de tension relevées présentent de petites tolérances, mais si vous mesurez une valeur très différente il est fort probable qu'il y ait une erreur au niveau de l'une des résistances. Si tout colle, il sera temps de remettre les tubes en place (après avoir coupé l'alimentation) et l'on pourra enfin procéder à un réglage

provisoire de l'amplificateur. Nous vous renvoyons, pour cette procédure, au paragraphe de l'encadré intitulé « Réglages ». On pourra, dans l'état actuel des choses, monter les platines des étages d'amplification dans le coffret et effectuer le reste du câblage.

Finissage

Un amplificateur tel que celui-ci requiert purement et simplement un joli coffret en bois. Nous l'avons réalisé en pièces de bois aggloméré (multiplex) de 9 mm d'épaisseur de manière à camoufler les orifices percés dans la plaque du châssis et le bas en U. Dans la partie arrière du coffret nous avons percé 2 orifices carrés destinés aux connecteurs et à la commande de volume. Le coffret est recouvert d'une fine couche de bois naturel mais rien n'interdit non plus d'utiliser des morceaux de bois massif pour réaliser le boîtier. Le

dessous du bas est doté de supports autocollants.

Même s'il n'est pas doté d'un coffret, l'amplificateur constitue un ensemble solide grâce à son bac en aluminium. Si l'on dispose, sur le dessus des couvercles des transformateurs, des petites lattes que l'on y fixe à l'aide de scotch double face, on pourra, après l'avoir retourné et y avoir implanté les tubes, le poser ainsi sur une table. Il est possible ainsi d'avoir accès partout sur l'amplificateur et cela facilite la mise en place du coffret en bois.

On pourra le cas échéant fermer le dessous du coffret à l'aide d'une plaque d'aluminium (à mettre à la terre) que l'on aura dotée d'orifices d'aération.

Il est recommandé, dans une chaîne audio, de mettre l'amplificateur le dernier sous tension de manière à éliminer tout risque de bruit d'enclenchement (ploc ou autre crac).

(020071-2)

Ndlr :

Nous ne pouvons pas ne pas ajouter ci-dessous le courriel qui nous est arrivé en toute dernière minute.

Chère Rédaction,

La lecture de votre premier article m'a poussé à vous envoyer cet E-mail avec une adresse qui me paraît très intéressante.

C'est un petit magasin à Paris qui a énormément de références de tubes anciens en stock.

D.M.

Société RADIO TUBES

40, Boulevard du Temple

75011 PARIS

Tél : 01 47 00 56 45

du lundi au jeudi de 14 h à 18h.

E-Mail : radio.tubes@laposte.net

www.radio-tubes.net/fr.html