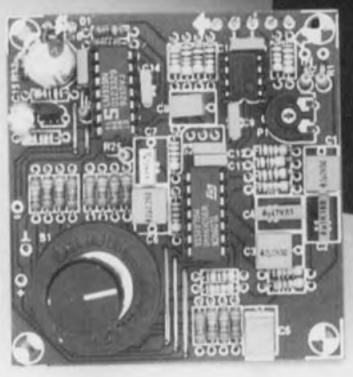
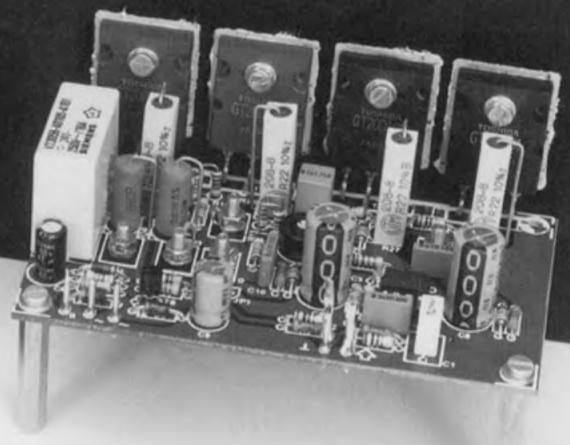
caisson de graves actif

des graves vrombissants jusqu'à 20 Hz

2ème partie





Les amateurs de fréquences vraiment graves peuvent maintenant s'adonner à leur passe-temps favori : la réalisation. Ils peuvent en effet, après avoir « subi » la partie théorique de la description du coffret et du concept de l'électronique de correction et de son amplificateur de puissance de l'article du mois dernier, se consacrer à la réalisation. Il se pourrait fort bien que vous ayez déjà réalisé le coffret. Dans ce cas nous pouvons nous attaquer à la construction des platines et à la mise en place du total dans un coffret de dimensions convenables.

La totalité de l'électronique que nécessite le caisson de graves, telle que représentée sur le schéma des figures 5 et 6 de la première partie, prend place sur 3 circuits imprimés reliés l'un à l'autre. Tout ce qui nous manque encore est l'alimentation pour l'amplificateur de sortie; nous y reviendrons un peu plus loin. La **figure 1** vous propose la sérigraphie de l'implantation des composants et le dessin des pistes de la platine dessinée à l'intention de cette réalisation. On se trouve en fait en présence d'une combinaison de 3 platines. La platine que vous trouvez auprès des adresses habituelles comporte une fente de rupture qui permet à l'aide d'une simple torsion de séparer la section de l'amplificateur de puissance de la section du filtre. L'alimentation symétrique de ±15 V est elle aussi disposée sur sa platine « virtuelle » qu'il est possible de séparer du reste de la platine principale.

La réalisation de la **partie du filtre** est une opération on ne peut plus simple vu le nombre « ridicule » de composants qu'elle implique : 3 circuits imprimés, une petite poignée de résistances et une poignée encore plus petite de condensateurs, à monter sur une platine de dimensions « royales ». La platine comporte 6 ponts à ne pas oublier : 2 à proximité de T1, 3 tout près de S1 et un dernier à proximité de IC5. Il est recommandé de commencer toute réalisation de platine par la mise en place des dits ponts de câblage. Le rotacteur S1 pourra être monté directement sur la platine. Les LED D1 et D2 et l'inverseur S1 seront reliés à la platine par le biais de petits morceaux de fils de câblage.

La taille de **l'alimentation ±15 V** du filtre est à peine supérieure à celle d'une boîte d'allumettes. De par la très faible consommation de courant du filtre on peut en effet se contenter d'un petit transformateur de 1,5 VA. Il n'est pas nécessaire de prévoir de refroidissement pour les régulateurs. Les picots –, + et 0 de la platine de l alimentation sont reliés aux points de même dénomination de la platine du filtre à l'aide de 3 conducteurs souples. Le bornier K1 sera, un peut plus tard, relié à l'entrée secteur à l'aide d'un câble bifilaire isolé solide.

La réalisation de la platine de **l'amplificateur** demande elle un peu plus

Liste des composants du filtre

Résistances :
R1,R2 = 470 kΩ
R3,R4 = 22 kΩ
R5 = 18 kΩ
R6,R11 = 15 kΩ
R7 = 820 Ω
R8 = 1 kΩ
R9,R37 = 2kΩ7
R10 = 8kΩ2
R12,R38 = 6kΩ8
R13,R17,R21 = 6kΩ65 1%
R14,R18,R22 = 5kΩ36 1%
R15,R19,R23 = 4kΩ42 1%

d'attention. L'implantation des composants n'a elle rien de bien sorcier pour peu que l'on respecte la liste des composants et que l'on s'aide de la sérigraphie de l'implantation des composants. Cette platine présente cependant quelques spécificités. Il faut, ainsi, monter les transistors T1, T2 et T3 sur le dessous du circuit imprimé. Ces transistors sont vissés sur le même radiateur que les transistors IGBT T4 à T7. Chacun des dits transistors sera doté de sa plaquette et de ses canons d'isolation. On enduira les 2 côtés des plaquettes d'isolation de pâte thermoconductrice de manière à assurer le meilleur couplage thermique possible entre les IGBT et le radiateur.

Comme le montre le schéma de l'amplificateur de puissance du mois dernier, les collecteurs de T4 à T7 fournissent « collégialement » le courant de sortie. Nous avons opté pour une solution quelque peu non- orthodoxe pour la réalisation de la liaison entre les collecteurs et le relais de sortie de manière à d'une part obtenir la résistance de transfert la plus faible possible et d'éviter un échauffement inutile de la plati-

1

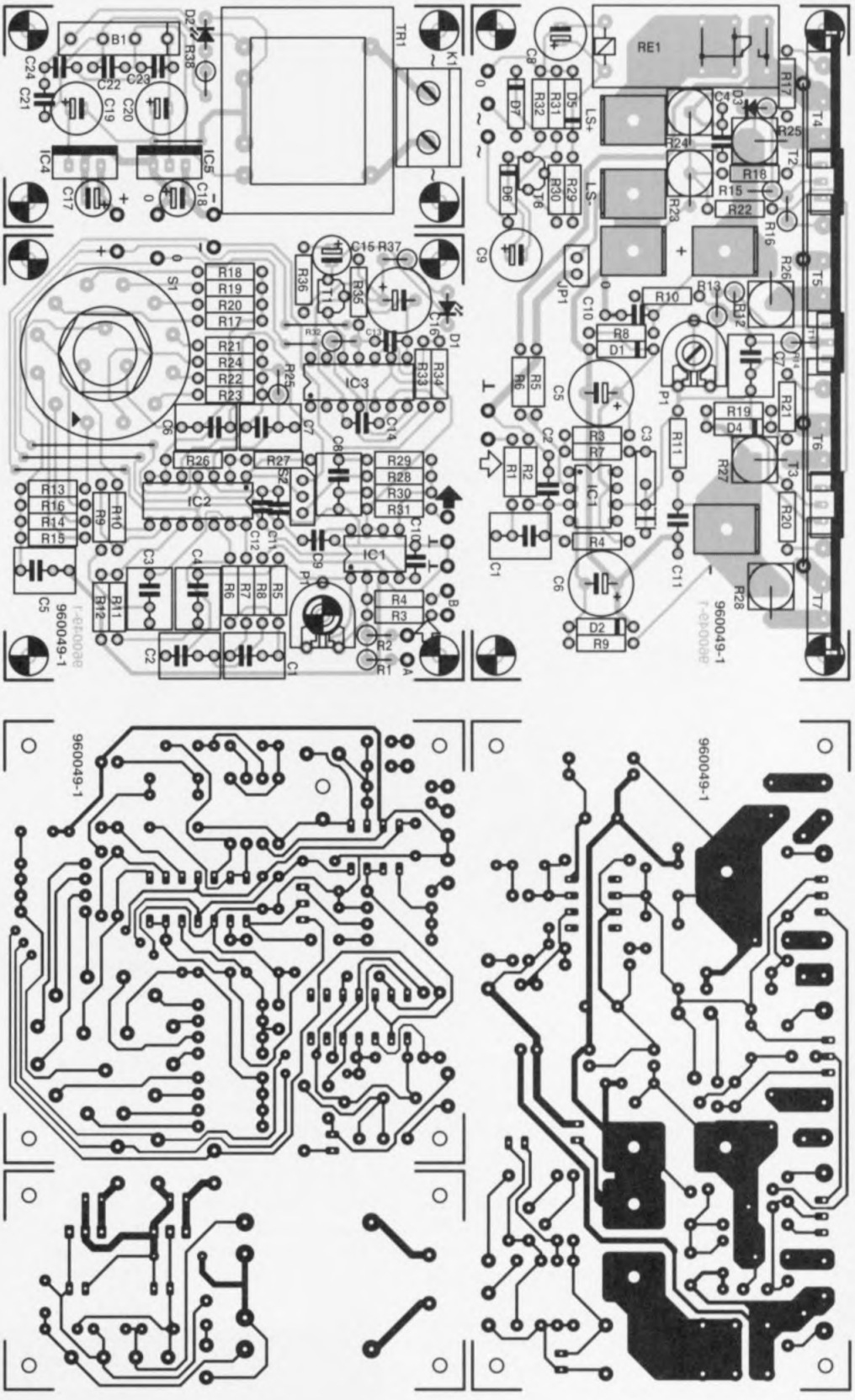


Figure 1. La relative simplicité de cette réalisation permet la mise de l'amplificateur et du filtre sur une même platine. Il suffit d'exercer une torsion sur la platine pour en séparer les composantes.

R16,R20,R24 = 3kΩ83 1%
R25 = 10 MΩ
R26,R27 = 2kΩ2
R28 = 10 kΩ
R29 = 4kΩ7
R30 = 1 MΩ
R31,R35 = 100 Ω
R32,R34 = 14kΩ0 1%
R33 = 2kΩ00 1%
R36 = 15 Ω
P1 = 47 kΩ ajustable

Condensateurs :
C1,C3,C6 = 2µF2 MKT au pas de 5 mm
C2,C9 à C14 = 100 nF
C4 = 470 nF MKT au pas de 5 mm
C5 = 820 nF au pas < 7,5 mm
C7 = 120 nF
C8 = 680 nF
C15 = 47 µF/25 V radial
C16 = 470 µF/25 V radial
C17,C18 = 10 µF/63 V radial
C19,C20 = 220 µF/25 V radial
C21 à C24 = 47 nF céramique

Semi-conducteurs :
D1,D2 = LED à courant faible
B1 = B80C1500 (droit)
T1 = BC640
IC1 = NE5532
IC2 = TL084
IC3 = LM319
IC4 = 7815
IC5 = 7915

Divers :
K1 = bornier encartable à 2 contacts au pas de 7,5 mm
S1 = commutateur rotatif avec 3 circuits/4 positions (encartable)
S2 = inverseur unipolaire
Tr1 = transformateur secteur, sec. 2 x 15 V/1VA5, tel que, par exemple, Monacor VTR1215

Liste des composants de l'amplificateur

Résistances :
R1,R5,R13 = 1 kΩ
R2,R6 = 31kΩ6 1%
R3,R4 = 8MΩ2 (cf. texte)
R7 = 100 kΩ
R8,R9 = 3kΩ32 (3kΩ3)/0,5 W
R10,R11 = 22 kΩ
R12 = 3kΩ3
R14 = 68 Ω
R15,R19 = 220 Ω
R16,R17,R20,R21 = 100 Ω
R18,R22 = 22 Ω
R23 = 220 Ω/5 W
R24 = 680 Ω/5 W
R25 à R28 = 0Ω22/5 W
R29 = 390 Ω
R30,R31 = 47 kΩ
R32 = 5kΩ6
P1 = 2kΩ5 ajustable

Condensateurs :
C1 = 270 nF
C2 = 3nF3
C3 = 22 pF/160 V styroflex
C4 = 1 nF
C5,C6 = 220 µF/63 V radial
C7 = 2µF2 MKT au pas de 5 mm
C8 = 47 µF/50 V radial
C9 = 100 µF/40 V radial
C10,C11 = 100 nF

Semi-conducteurs :
D1,D2 = diode zener 18 V/1W3
D3,D4 = diode zener 10 V/1W3
D5,D6,D7 = 1N4004
T1 = BD139
T2 = MJE15030 (Motorola)
T3 = MJE15031 (Motorola)
T4,T5 = GT20D201 (Toshiba)
T6,T7 = GT20D101 (Toshiba)
T8 = BC640
IC1 = AD847JN (Analog Devices)

Divers :
JP1 = embase autosécable à 2 contacts + jumper ou pont de câblage
Re1 = relais 16 A (24 V/875 Ω), tel que, par exemple, Siemens V23056-A0105-A101
LS1 = SPH-300T C (Monacor)
cosses plates de type auto pour fixation par vis
radiateur pour T1 à T7: <0,55 K/W, tel que, par exemple, SK47/100 SA
matériau d'isolation pour T1 à T7
alimentation : cf. figure 5

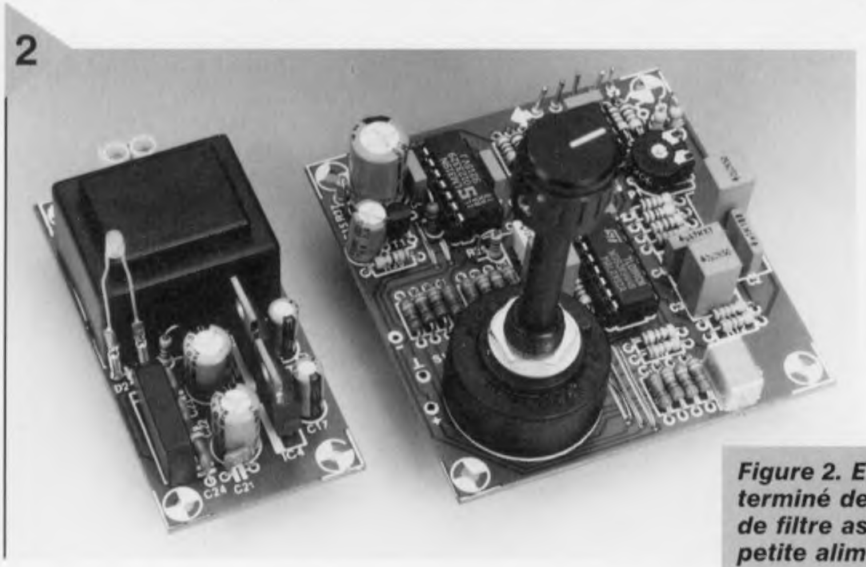


Figure 2. Exemplaire terminé de la section de filtre associée à sa petite alimentation.

et devra donc être, en principe, implanté, à moins que l'on ait déjà effectué une telle interconnexion au niveau de l'alimentation de l'amplificateur. Une fois monté sur la platine, l'ajustable sera tourné à fond vers la gauche. Les **figures 2** et **3** vous montrent des exemplaires terminés des dites platines. La **figure 4** vous montre le dessous d'un module d'amplificateur. On y voit bien les transistors T1 à T3, les languettes servant à la connexion de l'alimentation et des haut-parleurs, ainsi que le « rail de tension » interconnectant les collecteurs de T4 à T7. Comme vous le voyez, nous avons utilisé sur notre prototype une double épaisseur de tôle de laiton !

ne. À proximité immédiate de chaque connexion de collecteur la platine est dotée d'un orifice additionnel dans lequel on pourra implanter – sur le dessous de la platine ! – un picot de soudage. Les 4 picots sont ensuite interconnectés à l'aide d'un morceau de fil de cuivre de bon diamètre (1,5 mm) ou encore à l'aide d'une fine bande de tôle de laiton coupée à la bonne longueur. Il faudra impérativement soigner les soudures de cette liaison parallèle.
Un détail encore. Dans le but de ne pas prolonger inutilement les connexions de la tension d'alimentation et des haut-parleurs, ces pistes ne vont pas, comme à l'accoutumée jusqu'au bord de la platine. Les surfaces de contact en question se trouvent dans le cas présent au centre de la platine et sont dimensionnées de manière à ce que l'on puisse y visser, sur le dessous de préférence, des languettes plates; on peut également utiliser des languettes soudées, mais on préférera la fixation par vis, mécaniquement plus solide.
3 remarques pour terminer. Lors de la réalisation de la platine de l'amplificateur il faudra attendre avant de monter les résistances R3 et R4; nous en reparlerons. Le pont de câblage JP1 assure l'interconnexion indispensable entre le neutre de la masse et la masse

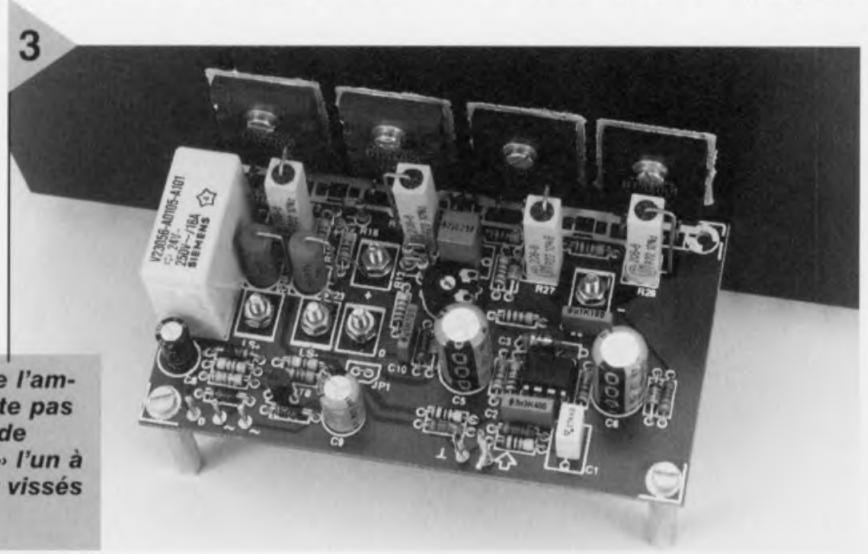


Figure 3. Le dessus de la platine de l'amplificateur de puissance ne présente pas d'intérêt spécial. Les 4 transistors de puissance se trouvent « sagement » l'un à côté de l'autre et, bien isolés, sont vissés sur un radiateur commun.

ALIMENTATION ET RÉGLAGE

Il faut à l'amplificateur une tension d'alimentation symétrique de ±49 V. Si l'alimentation peut être simple, il faut cependant qu'elle puisse fournir un courant suffisant. Nous recommandons un concept du type de celui représenté en **figure 5**. Un transformateur de 2 x 35 V/300 VA (Amplimo

71018 par exemple), un pont de redressement de 35 A et 4 condensateurs électrochimiques de 10 000 µF/63 V chacun. Les résistances-série servent, en combinaison avec les dits condensateurs, de filtre d'antiparasitage pour l'amplificateur.

Comme nous le disions lors de l'examen de la figure 5, le relais de la temporisation d'enclenchement des haut-parleurs présent sur la platine de l'amplificateur est alimenté directement par l'enroulement secondaire du transformateur. On peut éventuellement intercaler une temporisation de l'application de la tension secteur en série avec le primaire du transformateur. Nous en avons décrit la raison d'être dans le numéro de septembre 95, en page 59. Notons que le circuit décrit dans le dit article convient parfaitement dans le cas présent.

Après avoir effectué un examen critique de la platine de l'amplificateur il sera temps de procéder au réglage de ses paramètres. Pour ce faire nous y connectons (provisoirement) l'alimentation et vérifions la tension présente aux bornes des diodes zener est bien de l'ordre de 18 V. Si tel est le cas c'est que le paramétrage de IC1 est correct et l'on peut espérer que le reste du circuit fonctionne correctement. Revenons maintenant à R3 et R4, résistances destinées à la compensation du courant de polarisation de IC1, de manière à ce qu'il n'y ait plus de tension continue à la sortie de l'amplificateur. Nous mesurons pour ce faire la tension présente sur la broche 3 de IC1 à l'aide d'un voltmètre (multimètre) à forte résistance. Il est probable que la tension mesurée est de quelques mV. La valeur des résistances de compensation se calcule à l'aide de la formule suivante :

$R3 = R4 = 18\ V / U_{broche\ 3} \times 31{,}6\ k\Omega$.

Sur notre prototype le courant de polarisation circulant à travers R2 était d'un peu plus de 2 µA, ce qui explique la valeur de 8MΩ2 attribuée dans le schéma à R3 et R4. Les choses peuvent varier très sensiblement d'un AD847 à l'autre. Il est possible maintenant d'ajuster le courant de repos. Il doit circuler à travers chacun des transistors un courant de repos de 100 mA. Nous branchons le voltmètre en parallèle sur l'une des résistances R25 à R28 et agissons progressivement sur l'ajustable P1 jusqu'à mesurer une tension de 22 mV. Après avoir laissé « tourner » l'amplificateur une bonne heure nous vérifierons cette tension et, si nécessaire, modifier la position de P1. On vérifiera, pour se rassurer, l'autre branche du circuit.

Les petits détails

Il est temps maintenant de nous mettre en quête d'un coffret adéquat pour donner son autonomie à l'ensemble avant de pouvoir l'utiliser. Nous n'allons pas nous appesantir sur le coffret, dont nous avons parlé en détail dans l'article consacré à la version passive du caisson de graves. Il nous faut encore un coffret métallique offrant l'espace nécessaire au filtre, à l'amplificateur et à l'alimentation présentée en figure 5. Il est important de faire en sorte que le radiateur soit orienté vers l'extérieur et que l'air ambiant servant au refroidissement puisse facilement passer le long.

La technique la plus raisonnable consiste peut-être à monter la platine du filtre (sur entretoises) directement derrière la face avant du coffret de manière à faciliter l'accès au rotacteur S1. L'inverseur de phase S2 de même que les LED de surmodulation D1 et marche/arrêt D2, vient prendre place sur la face avant. Si l'on perce un petit orifice à hauteur de l'ajustable P1 on pourra, à l'aide d'un petit tournevis, corriger également le niveau du volume du caisson de graves. On pourra le cas échéant envisager de remplacer l'ajustable P1 par

4

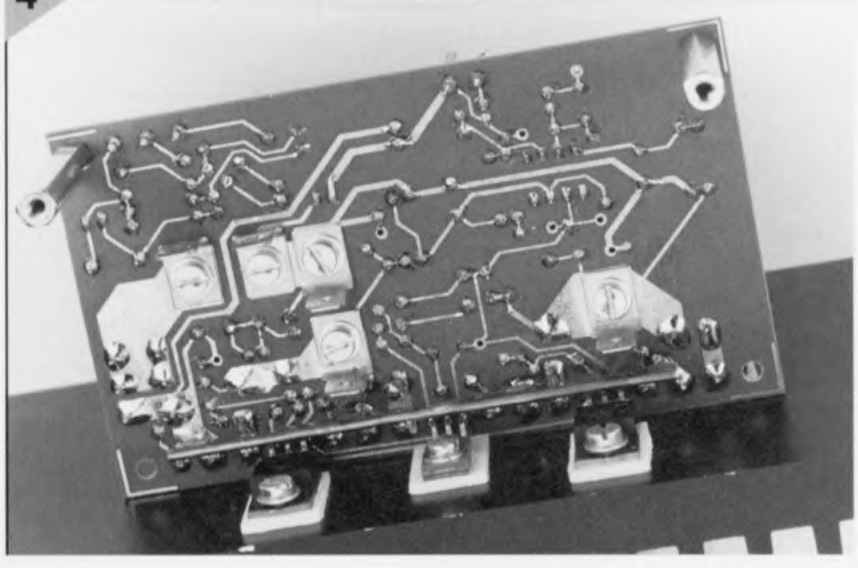
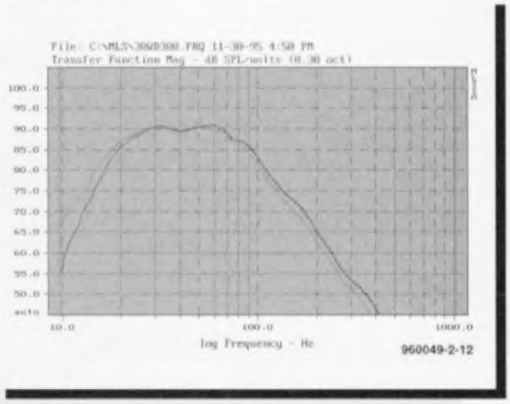


Figure 4. Le dessous du circuit imprimé est lui bien moins conventionnel. On y trouve T1, T2 et T3, ainsi que les cosses de connexion. On voit également la technique utilisée pour l'interconnexion des collecteurs de T4 à T7.

Un woofer différent ?

Dans le premier article nous avions mentionné un (tout petit) défaut du woofer utilisé pour cette réalisation. Nous pouvons fort bien nous imaginer que certains d'entre nos lecteurs se demandent s'ils ne feraient pas mieux d'opter pour un type de haut-parleur différent.

Commençons par signaler qu'il est injuste d'être aussi critique avec le SPH-300 TC de Monacor. Une fois traité comme nous le décrivions dans le premier article ce haut-parleur rend d'excellents services et présente un rapport qualité/prix très honorable. Nous nous sommes cependant mis en quête d'une possible alternative au cas où nous devrions répondre à des questions. Cette recherche s'est avérée bien plus difficile que nous ne le pensions vu les paramètres de haut-parleurs de graves varient tant d'un modèle à l'autre qu'ils impliquent le besoin de changer le volume du coffret et le paramétrage du bass-reflex.



Après de longues recherches nous avons réussi à mettre la main sur un woofer de 30 cm passant dans le coffret d'origine et ne nécessitant pas de modification du filtre décrit plus haut. Il s'agit du 30WD300 de Vifa. Le graphique représenté ci-dessus montre qu'il existe cependant certaines différences qui, heureusement restent très limitées. La courbe pleine correspond au woofer de Vifa, la ligne pointillée au modèle de Monacor. Le 30WD300 ne connaît pas de bruits parasites et travaille parfaitement. Il ne dispose malheureusement pas de bobine double, de sorte qu'il ne peut pas être utilisé pour la version passive du caisson de graves. Dans le cas de son utilisation pour le caisson de graves actif il présente même un avantage; de par l'impédance élevée de ce haut-parleur l'amplificateur peut se contenter de fournir un courant moins important, de sorte que l'on peut se contenter d'un transformateur (moins cher) de 225 VA (un Amplimo 61018 par exemple; le fusible passe alors : 1 AT, $I^2t > 20$). Le revers de la médaille est que le haut-parleur lui-même coûte plus cher... Vous avez le choix.

un potentiomètre ordinaire que l'on positionnera sur la face avant et que l'on reliera à la platine à l'aide de 2 petits morceaux de fil de câblage souple. La construction de l'alimentation de l'amplificateur n'a rien de bien sorcier; elle doit cependant être solide mécaniquement. Le transformateur sera boulonné sur le fond du coffret, le reste de l'électronique prenant place sur un morceau de platine d'expérimentation à pastilles. L'interconnexion des enroulements secondaires du transformateur au pont de redressement et aux résistances/condensateurs électrochimiques se fera à l'aide de conducteur de cuivre de bonne section. La ligne du neutre de l'alimentation représenté en gras sur le schéma de la figure 5 devra être, physiquement, aussi courte que possible. La solution idéale consiste à faire en sorte que connexions de condensateurs concernées et la prise intermédiaire du transformateur se retrouvent en un point commun (montage en étoile). Le pont de redressement sera doté d'un petit radiateur, voire encore le fixer sur le fond du coffret métallique.

5

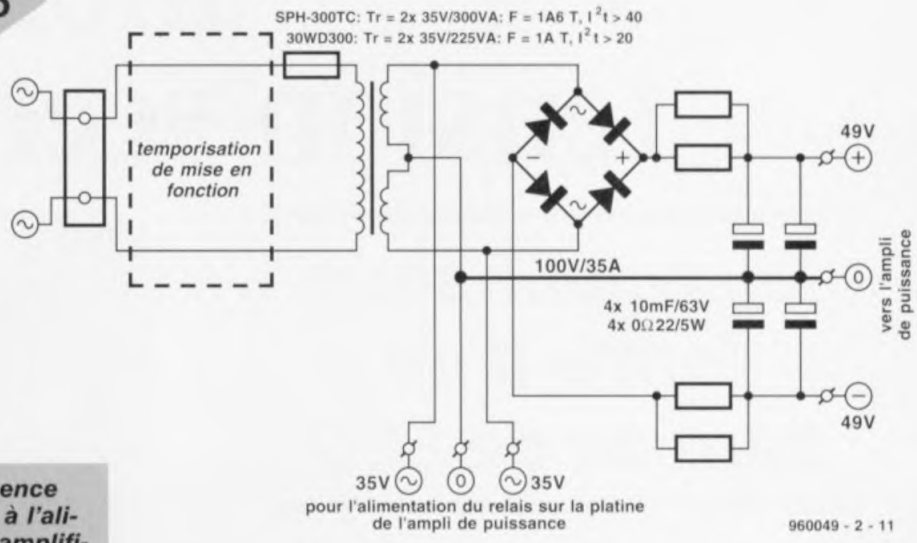


Figure 5. L'exigence majeure posée à l'alimentation de l'amplificateur de puissance est d'être capable de fournir un courant important.

Venons-en maintenant au câblage de l'ensemble. Nous avons déjà parlé de l'interconnexion entre la platine de l'alimentation et celle du filtre, de même que de celle des organes de commande de la section du filtre. Les picots des entrées « HIGH LEVEL » et « LINE LEVEL » sont reliés à une paire d'embases Cinch à l'aide de câble audio blindé. On utilisera également ce type de câble pour l'interconnexion de la sortie de la section de filtre et l'amplificateur; ce n'est que si l'écart à ponter ne dépasser pas quelques centimètres que l'on pourra se contenter de 2 petits morceaux de fil de câblage souple. Les liaisons auxquelles il faudra faire le plus attention sont celles reliant d'une part l'amplificateur à l'alimentation, et de l'autre l'amplificateur au haut-parleur. Le dit amplificateur fournit en effet une puissance qui est loin d'être négligeable, ce qui implique que les dites liaisons doivent pouvoir supporter des courants importants et présenter la résistance la plus faible possible. Nous recommandons l'utilisation de conducteur ayant un diamètre minimal de 2,5 mm². L'alimentation de ±49 V est, par l'intermédiaire de 3 de ces conducteurs, dotés de préférence de cosses plates de type auto, reliée aux points « + », « – » et « 0 » de la platine de l'amplificateur. On relie le haut-parleur – dont les 2 bobines ont été prises en parallèle – selon le même principe aux points « LS+ » et « LS– » de cette platine.

Le primaire du transformateur d'alimentation est relié, à l'aide d'un câble parfaitement isolé, à l'embase d'entrée secteur du coffret, point auquel arrive également le câble secteur de l'alimentation ±15 V du filtre. On optera de préférence pour une entrée secteur solide dotée d'un fusible et d'un interrupteur marche/arrêt incorporés. La pose de la plaquette d'identification permet de répondre à la législation en vigueur.

Tableau 1. Modification de la plage de réglage de S1

fréquences de coupure	dimensionnement des résistances			
	R13,R17,R21	R14,R18,R22	R15,R19,R23	R16,R20,R24
80 Hz	3kΩ32			
90 Hz		2kΩ94		
100 Hz			2kΩ67	
110 Hz				2kΩ43

Le choix de la fréquence de coupure

Il faudra trouver expérimentalement les positions optimales de P1 et S1. Il est difficile de donner des règles générales vu qu'il s'agit beaucoup d'une affaire de goût. Il est intéressant de savoir, soit par mesure, soit par lecture de la fiche de caractéristiques fabricant du haut-parleur quelle est sa fréquence limite des enceintes stéréophoniques existantes et d'ajuster le point de coupure du filtre de façon à ce qu'il soit cohérent avec le reste.

La valeur de fréquence de coupure utilisée ici diffère des valeurs classiques sur les systèmes satellite/caisson de graves courants. Ce type de systèmes de haut-parleurs sont souvent dotés de tout petits satellites capables à la limite de reproduire des fréquences de 100 à 150 Hz, ce qui force le caisson de graves à prendre la relève dès cette fréquence. Notre caisson de graves est plutôt prévu comme extension de haut-parleurs large bande; il s'agit donc d'enceintes de taille compacte à moyenne capables de reproduire d'elles-mêmes les graves correctement mais ne peuvent descendre au plus bas de l'échelle des sons. La position « 70 Hz » devrait convenir à la majorité des enceintes pour « étagères ». Dans le cas d'enceintes compactes libres la position « 60 Hz » devrait convenir dans la grande majorité des cas. Les points de coupure « 50 Hz » et « 40 Hz » sont quant à eux prévus en combinaison avec des enceintes de taille moyenne et de grande taille. Ces 2 dernières positions constituent souvent l'idéal pour doter des reproducteurs électrostatiques aux graves souvent peu marqués d'un « punch » dans l'octave le plus grave.

Si tant est que vos enceintes stéréos soient minuscules nous pouvons très bien comprendre que vous trouviez que les points de coupure soient trop graves et que vous préfériez retrouver le point de recoupement de 100 Hz classique des systèmes satellite/caisson de graves. Rien d'impossible de ce côté-là. Le **tableau 1** vous propose le dimensionnement des résistances R13 à R24 pour l'obtention de points de coupure de 80, 90, 100 et 110 Hz. Cette modification n'a pas de conséquence sur le reste du circuit et n'en a pas non plus en ce qui concerne le haut-parleur. 960049-II

radiateur.

Comme le montre le schéma de l'amplificateur de puissance du mois dernier, les collecteurs de T4 à T7 fournissent « collégialement » le courant de sortie. Nous avons opté pour une solution quelque peu non- orthodoxe pour la réalisation de la liaison entre les collecteurs et le relais de sortie de manière à d'une part obtenir la résistance de transfert la plus faible possible et d'éviter un échauffement inutile de la plati-

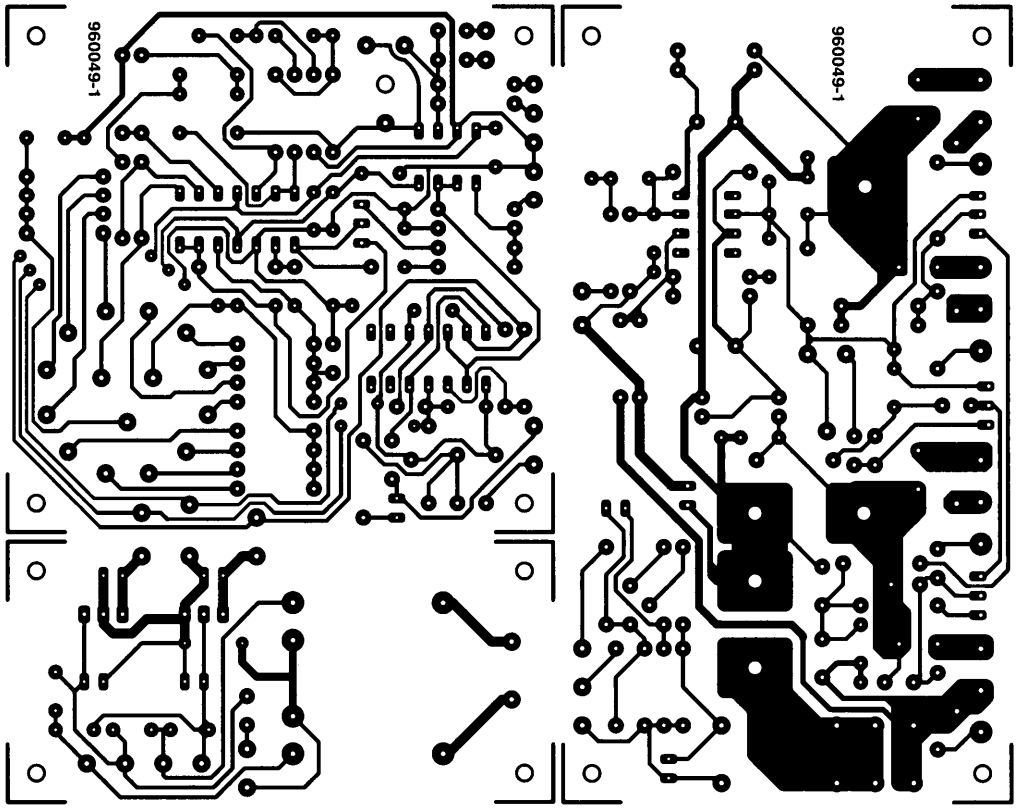


Figure 1. La relative simplicité de cette réalisation permet la mise de l'amplificateur et du filtre sur une même platine. Il suffit d'exercer une torsion sur la platine pour en séparer les composantes.