

Ampli Hi-Fi P³

À tubes KT 88

Projet : Gerhard Haas

Les amplis Hi-Fi de puissance à tubes connaissent, en raison de leur sonorité agréable, un succès sans cesse renouvelé. La mise en oeuvre d'un étage de puissance à tubes permet d'éliminer le son, souvent trouvé froid, stérile et synthétique, que produit le disque audio numérique (CD).



Le concept sur lequel repose l'étage de sortie décrit dans le présent article est celui de la technologie PPP (d'où le P³ du titre). Ce P³ est l'acronyme de *Parallel Push-Pull*. Ce fameux *Push-Pull* signifie que l'étage de puissance est monté en circuit push-pull c'est-à-

dire en opposition de phase. Chacune des demi-ondes, positive et négative, « a droit » à son propre tube. Dans le cas d'une approche en *Parallel Push-Pull* les tubes de sortie se trouvent, du point de vue de l'al-

ternatif, pris en parallèle. L'inconvénient de cette solution est que la puissance fournie par chaque paire de tubes est moindre que celle obtenue en fonctionnement push-pull AB. Hormis cette affaire de puis-

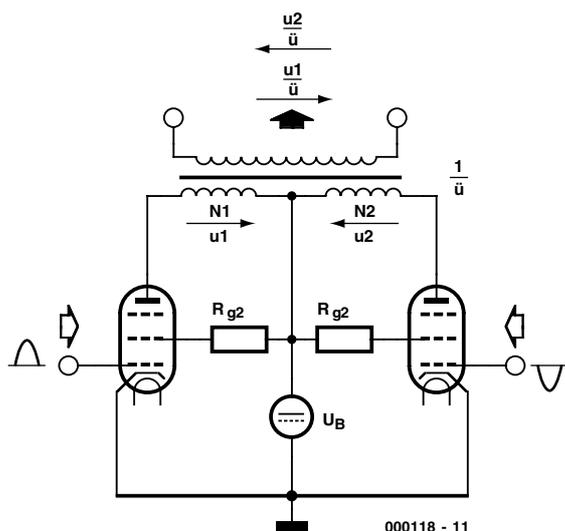


Figure 1. Principe d'un étage de puissance push-pull en classe AB classique.

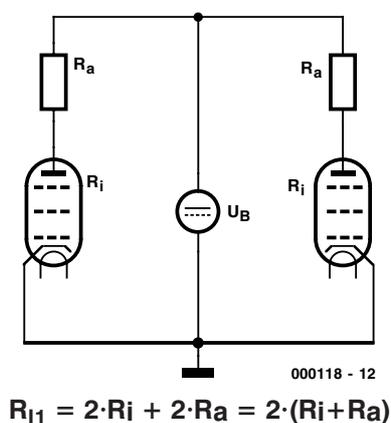


Figure 2. Schéma de substitution en courant alternatif du principe de la figure 1.

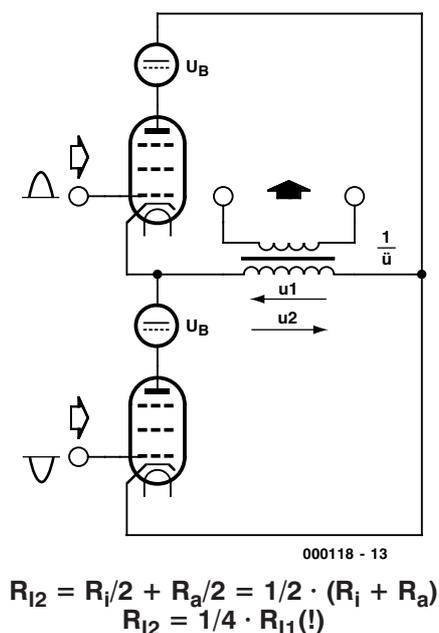


Figure 3. Dans le cas d'un étage de sortie PPP le courant de signal traverse la totalité de l'enroulement du primaire du transformateur.

sance, le principe du PPP ne présente que des avantages. Ce mode de fonctionnement d'un étage de puissance a vu le jour au cours des années 50, son domaine d'utilisation préférentiel étant les studios. Un facteur de distorsion faible, une bonne sonorité et une plage de fréquences étendue étaient, dans le cas de ce domaine d'application, plus importants qu'une puissance de sortie élevée. Jusqu'au moment du déferlement de la technologie des semi-conducteurs l'approche « Triple P » n'a guère fait l'unanimité en raison de son faible rendement de puissance et de son prix de revient élevé. Il est devenu possible, avec les moyens actuels, de réaliser d'excellents étages PPP Hi-Fi sans que l'on n'ait affaire à des « usines à gaz ».

AB contre PPP

Il nous faut commencer par un brin de théorie pour rendre le principe du « triple P » plus explicite. La figure 1 représente le schéma de principe d'un étage en push-pull AB classique. Les 2 tubes se voient appliquer chacun, par le biais d'un étage inverseur de phase, l'une des demi-ondes sur leur grille de commande. Le schéma utilise une représentation symbolique, vu que dans la réalité l'attaque des grilles de commande des 2 tubes se fait bien entendu par le biais de demi-ondes positives, sachant que sinon cela ne fonctionnerait pas. Sur le schéma, le tube gauche s'occupe de la demi-onde positive, le tube droit est chargé de la demi-onde négative. Le transformateur recombine les 2 demi-ondes pour en faire une onde sinusoïdale complète. Le schéma indique les sens de déplacement des tensions qui naissent, en inversion de phase, sur les enroulements secondaires N1 et N2. Cela se traduit par la naissance, sur le côté secondaire du transformateur, d'une tension abaissée selon un facteur de conversion $\frac{1}{\tilde{u}}$. Autre information que donne ce schéma est le comportement de l'étage de sortie par rapport aux composantes de ronflement résiduel de la tension d'alimentation. Lorsque l'on a superposition sur la tension d'alimentation U_B d'une tension de ronflement cette dernière se répartit identiquement sur les enroulements secondaires N1 et N2. Si, du côté du primaire du transformateur, le circuit est parfaitement symétrique, c'est-à-dire que les enroulements, les tubes de puissance et les courants de repos sont exactement les mêmes, la tension de ronflement disparaît totalement de par le déphasage à 180° lors de l'application au transformateur. Il n'est malheureusement pas possible de respecter à 100% ces exigences d'identité, ce qui implique qu'il faudra procéder à un filtrage efficace de la ten-

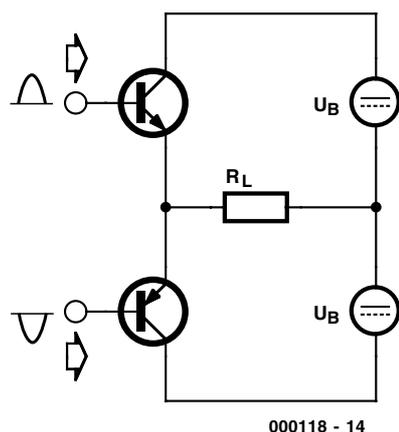


Figure 4. Schéma de substitution en courant alternatif du schéma de la figure 3.

sion d'alimentation UB.

La **figure 2** montre le schéma de substitution, en alternatif, du circuit de principe. D'un point de vue du courant alternatif, l'alimentation UB constitue un court-circuit. La résistance interne en alternatif prend la forme en série des résistances internes des 2 tubes et des 2 enroulements N dotés de leur résistance d'adaptation Ra. Les 2 tubes sont alimentés en courant de repos pour éviter, lors du passage par zéro du signal sinusoïdal, la naissance d'une distorsion qu'entraînerait inévitablement un blocage des tubes (dû à l'absence de courant).

Il en va tout différemment dans le cas de l'étage de sortie PPP, dont on retrouve le schéma de substitution en **figure 3**. L'examen de ce schéma montre que l'on fait appel ici à 2 sources de tension d'alimentation et que la connexion des tubes au transformateur se fait tout autrement que dans le cas précédent. Le courant alternatif du signal circule dans l'ensemble de l'enroulement du primaire de la même façon qu'il le ferait dans un transformateur secteur. Les tubes sont montés ici, d'un point de vue alternatif, en parallèle. Ainsi, la résistance interne du circuit PPP tombe au quart de la valeur d'origine, ce qui présente un certain nombre d'avantages. Le facteur de conversion du transformateur pourra être plus faible. Plus le rapport de conversion est faible, moins les effets de l'inductivité parasite et de la capacité des enroulements deviennent sensibles, de sorte que la réponse en fréquence se bonifie. De plus, le transformateur dans l'ensemble de l'enroulement du primaire se voit traversé par un courant réellement alternatif et non pas par des demi-ondes appliquées à chacune des moitiés de l'enroulement comme cela est le cas avec le circuit en push-pull en classe AB classique. Cela permet d'éviter le redoutable

« accès de fièvre » que connaissent les étages push-pull en classe AB : une demi-onde appliquée à la moitié de l'enroulement côté primaire provoque l'application, sur l'anode du tube opposé d'une tension 2 fois supérieure sachant que le transformateur côté « primaire » travaille en transformateur-tampon ayant un rapport de conversion de 1:2. Si le noyau est magnétisé et que l'énergie présente côté « secondaire » reste inutilisée on aura augmentation importante de la tension côté « primaire » d'autant plus qu'elle subit en outre un rehaussement selon un facteur 1:2.

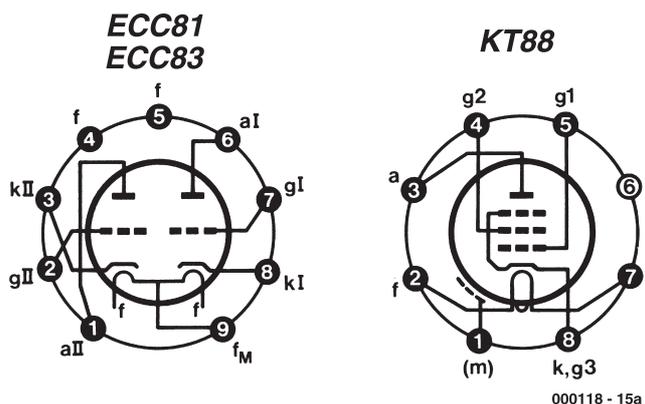
On aura naissance d'arcs de tension aux points les plus critiques, tubes, support ou transformateur de sortie. Si cet effet est recherché dans le cas de la bobine d'allumage d'une voiture, il fait des ravages lorsqu'il apparaît sur les amplificateurs. En cas de court-circuit l'étage de sortie push-pull en classe AB voit tout juste sa température augmenter, sans qu'il ne soit endommagé, voire détruit. Ainsi, un étage à tubes de ce type est, de par son principe, capable de supporter un court-circuit mais n'apprécie pas (doux euphémisme) de fonctionner à vide. L'étage de sortie PPP conserve son sang froid dans l'un ou l'autre de ces 2 états de fonctionnement extrêmes. Vu que le transformateur se trouve branché de la façon indiquée plus haut, l'étage de sortie ne monte pas en puissance. On peut comparer ce fonctionnement à celui d'un transformateur secteur. Ce dernier ne voit pas le moindre inconvénient à être connecté au secteur sans qu'il n'y ait de charge branchée au secondaire. On peut partant considérer que l'étage de puissance PPP est le pré-

décesseur des étages de sortie push-pull à transistor rencontrés couramment aujourd'hui. Comme nous avons pu le constater, ce concept comporte un certain nombre d'avantages indéniables, tels que résistance interne faible, insensibilité à un court-circuit et à un fonctionnement à vide, sans oublier, de par le principe même, une bonne réponse en fréquence.

Étage de sortie en 3 blocs

On retrouve, en **figure 5**, le schéma complet d'un étage de puissance en version monophonique. Il se subdivise en 3 blocs, ce qui explique que, logiquement, il se répartit sur 3 circuits imprimés. Cette approche permet, comme l'illustrent les photos, une réalisation on ne peut plus « photogénique » de cet amplificateur : à l'image de Venus jaillissant de l'écume, les tubes surgissent du chrome.

Les transformateurs et les gros condensateurs électrochimiques sont eux, contrairement à ce qui est le cas sur nombre de concepts d'amplificateurs, joliment « camouflés ». Le bloc 1 est celui de l'amplificateur, le bloc 2 est constitué par l'alimentation, le dernier bloc, le bloc 3, est celui de la limitation de courant à la mise sous tension. On trouve à l'entrée de l'amplificateur un transformateur du type E-1220. On utilisera, si l'on veut disposer d'une entrée symétrique flottante (sans masse), une embase XLR avec le transformateur, sinon on pourra se contenter d'une embase Cinch. Il est possible, de par la présence du transformateur, de réaliser une interconnexion symétrique flottante telle qu'elle est utilisée en studio. Cette solution per-



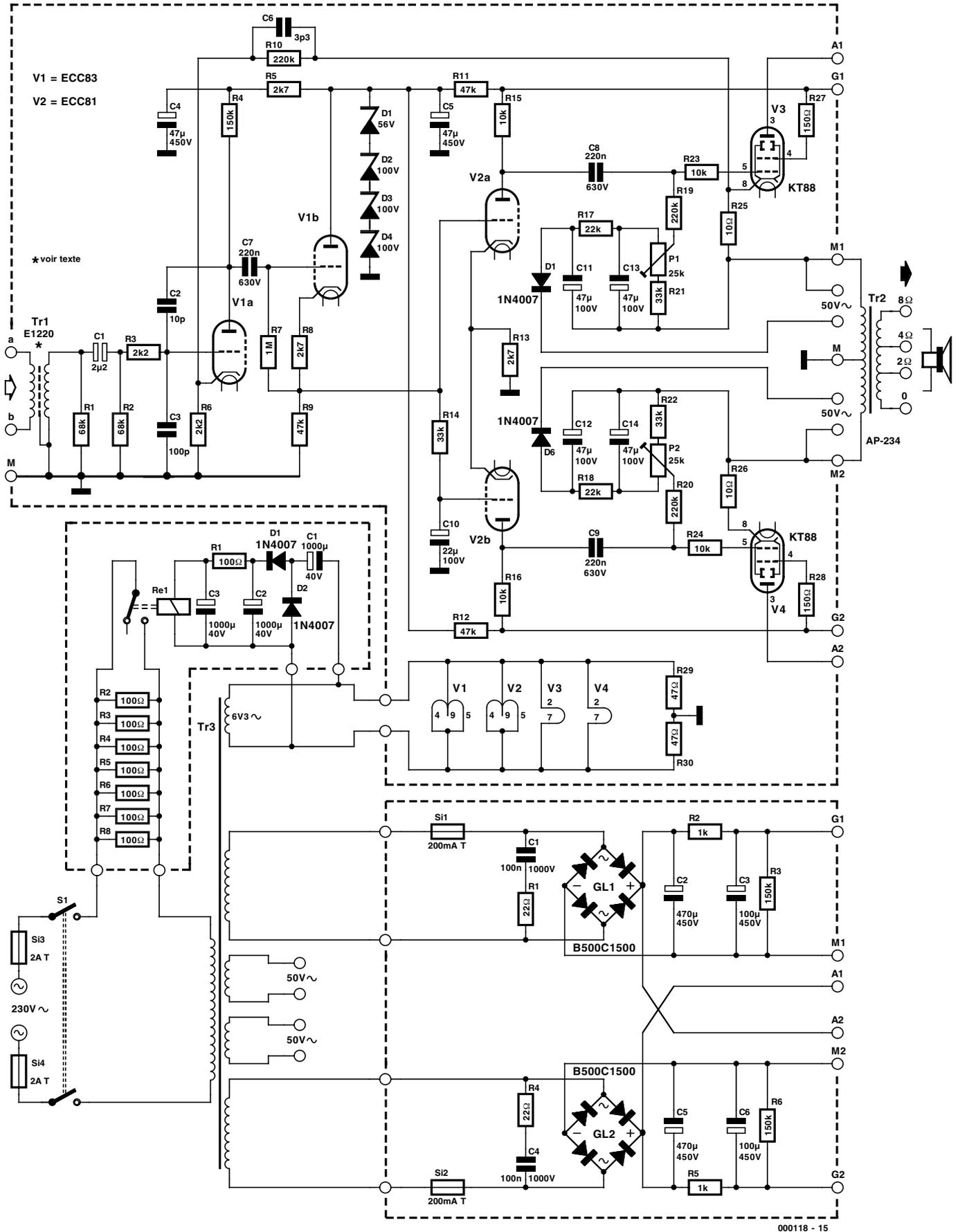
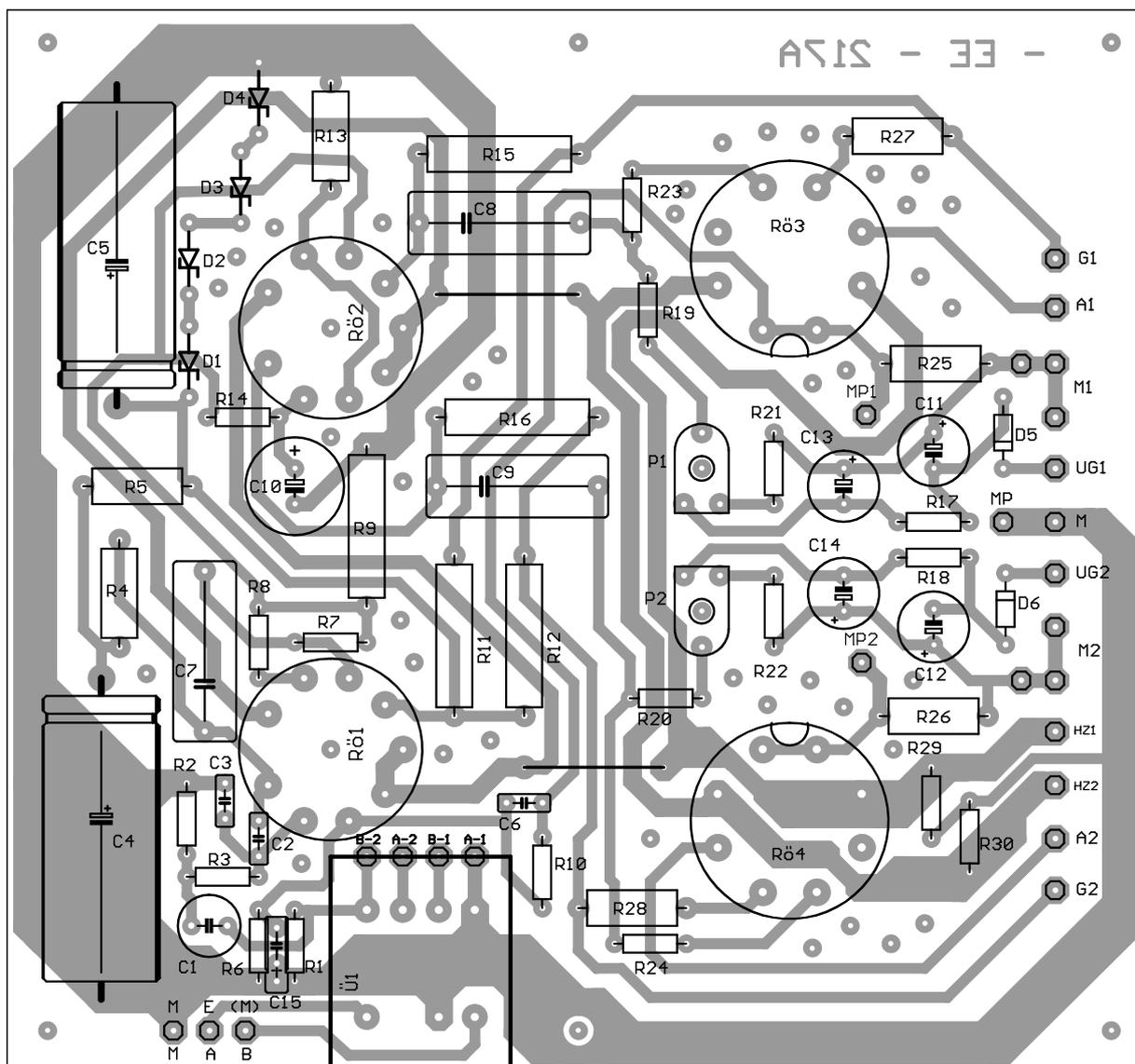


Figure 5. Une réalisation caractérisée par une l'approche de type « meccano » : on pourra réaliser des versions mono-bloc ou stéréophonique de l'amplificateur basées sur différents types de tubes de puissance.



Liste des composants

de l'étage de puissance
à KT 88 ou 6550 A

Résistances

(sauf mention contraire, à couche métallique 0W7, tolérance de 1%, MO = oxyde métallique tolérance de 5%)

- R1, R2 = 68 kΩ
- R3 = 2kΩ2
- R4 = 150 kΩ MO 2 W
- R5 = 2kΩ7 MO 2 W
- R6 = 2kΩ2
- R7 = 1 MΩ
- R8 = 2kΩ7
- R9 = 22 kΩ MO 2 W
- R10 = 390 kΩ
- R11, R12 = 47 kΩ MO 2 W
- R13 = 2kΩ7 MO 2 W
- R14 = 33 kΩ

- R15, R16 = 10 kΩ MO 2 W
- R17, R18 = 10 kΩ
- R19, R20 = 220 kΩ
- R21, R22 = 33 kΩ
- R23, R24 = 3kΩ3
- R25, R26 = 10 Ω MO 2 W
- R27, R28 = 270 Ω MO 2 W
- R29, R30 = 47 Ω
- P1, P2 = ajustable 25 kΩ

Condensateurs :

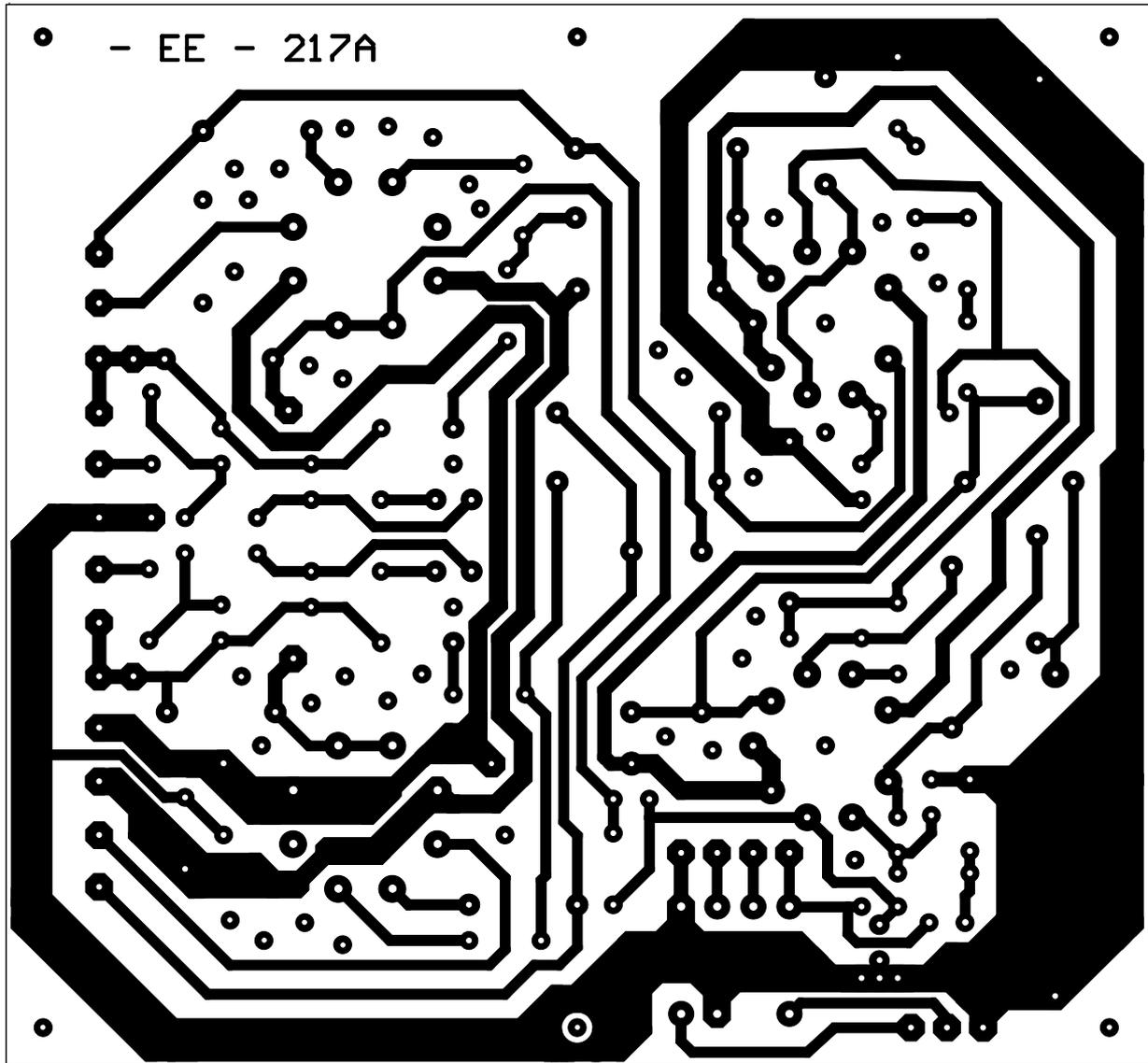
- C1 = 2μF2/50 V bipolaire
- C2 = 10 pF céramique
- C3 = 100 pF céramique
- C4, C5 = 47 μF/450 V axial
- C6 = 10 à 33 pF (en cas d'oscillations uniquement)
- C7 à C9 = 0μF22/630 V MKS 4
- C10 = 10 μF/100 V RM 5
- C11 à C14 = 47 μF/100 V RM 5
- C15 = 1 nF MKH RM 7,5 (cf. texte)

Semi-conducteurs :

- D1 = diode zener 56 V/1W3
- D2 à D4 = diode zener 110 V/1W3
- D5, D6 = 1N4007

Divers :

- V1 = ECC83
- V2 = ECC81
- V4, V5 = KT88 ou 6550 A
- Tr1 = E-1220 (si nécessaire)
- Tr2 = AP-234
- 2 supports Noval encartables
- Tr3 = transfo secteur NTR-P/7 (mono) ou NTR-P/5 (stéréo)



Liste des composants de l'étage de sortie à EL 34

Résistances :

(sauf mention contraire, à couche métallique 0W7, tolérance de 1%, MO = oxyde métallique tolérance de 5%)

R1,R2 = 68 k Ω
 R3 = 2k Ω
 R4 = 150 k Ω MO 2 W
 R5 = 2k Ω 7 MO 2 W
 R6 = 2k Ω
 R7 = 1 M Ω
 R8 = 2k Ω 7
 R9 = 47 k Ω MO 2 W
 R10 = 220 k Ω
 R11,R12 = 47 k Ω MO 2 W
 R13 = 2k Ω 7 MO 2 W
 R14 = 33 k Ω
 R15,R16 = 10 k Ω MO 2 W

R17,R18 = 22 k Ω
 R19,R20 = 220 k Ω
 R21,R22 = 33 k Ω
 R23,R24 = 10 k Ω
 R25,R26 = 10 Ω MO 2 W
 R27,R28 = 150 Ω MO 2 W
 R29,R30 = 47 Ω
 P1,P2 = ajustable 25 k Ω

Condensateurs :

C1 = 2 μ F2/50 V bipolaire
 C2 = 10 pF céramique
 C3 = 100 pF céramique
 C4,C5 = 47 μ F/450 V axial
 C6 = 10 à 33 pF (en cas d'oscillations uniquement)
 C7 à C9 = 0 μ F22/630 V MKS 4
 C10 = 10 μ F/100 V RM 5
 C11 à C14 = 47 μ F/100 V RM 5
 C15 = 1 nF MKH RM 7,5 (cf. texte)

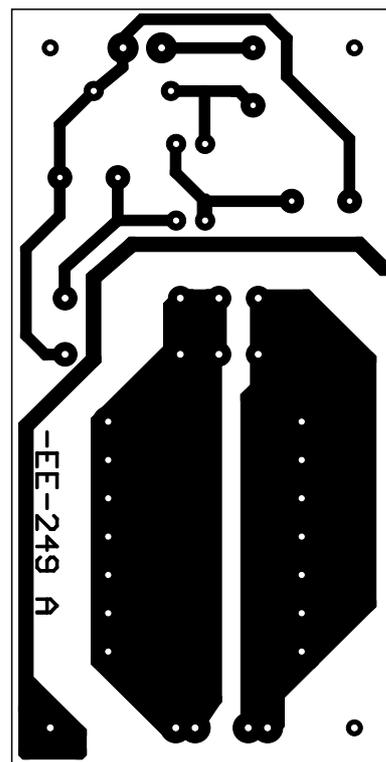
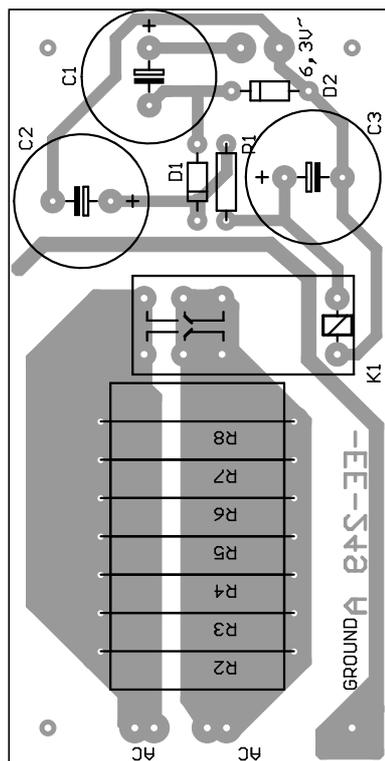
Semi-conducteurs :

D1 = diode zener 56 V/1W3
 D2 à D4 = diode zener 100 V/1W3
 D5,D6 = 1N4007

Divers :

V1 = ECC83
 V2 = ECC81
 V4,V5 = EL 34
 Tr1 = E-1220 (si nécessaire)
 Tr2 = AP-234
 2 supports Noval encartables
 2 supports Octal encartables
 Tr3 = transfo secteur NTR-P/6 (mono) ou NTR-P/3 A (stéréo)

met de se mettre à l'abri des boucles de masse (sources de ronflement) et de pertes de qualité dues aux lignes de liaison. Il est en outre possible d'opter au niveau du transformateur pour un facteur de conversion de 1:1 ou de 1:2. Pour un facteur de 1:1 la résistance d'entrée est de quelque 34 kΩ à une sensibilité d'entrée à pleine modulation de 1,5 V. Dans le cas d'un facteur de 1:2 la résistance d'entrée chute à quelque 8,5 kΩ, mais en contre-partie l'étage de sortie se laisse déjà pousser à pleine modulation avec une tension de 0,75 V seulement. La platine comporte les ponts de câblage requis par ces options. En cas de choix de la version à embase Cinch la sensibilité d'entrée reste à 1,5 V. Le condensateur bipolaire de 2,2 μF pris à l'entrée de l'amplificateur, C1, assure à la fois un couplage à faible impédance et un blocage des composantes de tension continue. La combinaison R3/C3 bloque les parasites HF. Le tube V1a prend à son compte l'amplification principale, le condensateur C2 sert à bloquer les oscillations HF. Le tube V1b est monté en convertisseur d'impédance chargé de transférer le signal, à faible impédance, vers le tube inverseur de phase, V2. Le tube V2a est attaqué directement sur sa grille sans l'intermédiaire de condensateur de couplage sachant que les potentiels de tension continue ont été amenés au niveau requis par un dimensionnement adéquat. La grille de commande de V1b est forcée, du point de vue continu, par le biais de R14, au niveau de tension de la grille de V2a. Le condensateur C10 court-circuite vers la masse toutes les composantes de tension alternative qui pourraient se trouver au niveau de la grille de V2b. Le tube V2b est attaqué, au travers de sa grille, par la tension alternative du signal. V2 doit fournir la pleine excursion de tension, les tubes de sortie, V3 et V4, se contentant de doter le signal du courant requis de manière à ce que l'on ait en sortie la puissance recherchée. À l'image d'étages de sortie à transistors qui eux fonctionnent en émetteur-suiveur, ils travaillent en cathode-suiveuse. Ceci apporte du même coup une réponse à la question souvent posée et source de discussions passionnées de savoir « Quelle est la sonorité de chacun de ces différents types de tubes de puissance ? ». Comme les tubes de sortie d'un étage PPP ne contribuent plus au gain en tension de l'amplificateur, leur influence sur la sonorité est d'une importance mineure. Dans le cas des étages de puissance push-pull en classe AB le comportement des tubes de sortie « pèse » beaucoup plus lourd en raison de leur contribution au gain en tension total. Le dimensionnement du schéma s'entend pour le KT88 qui permet d'atteindre 45 W par canal. La liste des composants



Liste des composants de la temporisation de mise en fonction

Résistances :
 R1 = 100 Ω
 R2 à R8 = 100 Ω MO 4W5

Condensateurs :
 C1 à C3 = 1 000 μF/40 V RM 7.5

Divers :
 D1, D2 = 1N4007
 Rel1 = relais inverseur bipolaire 12 V encartable à contacts dorés 8 A (Celsea E3208)

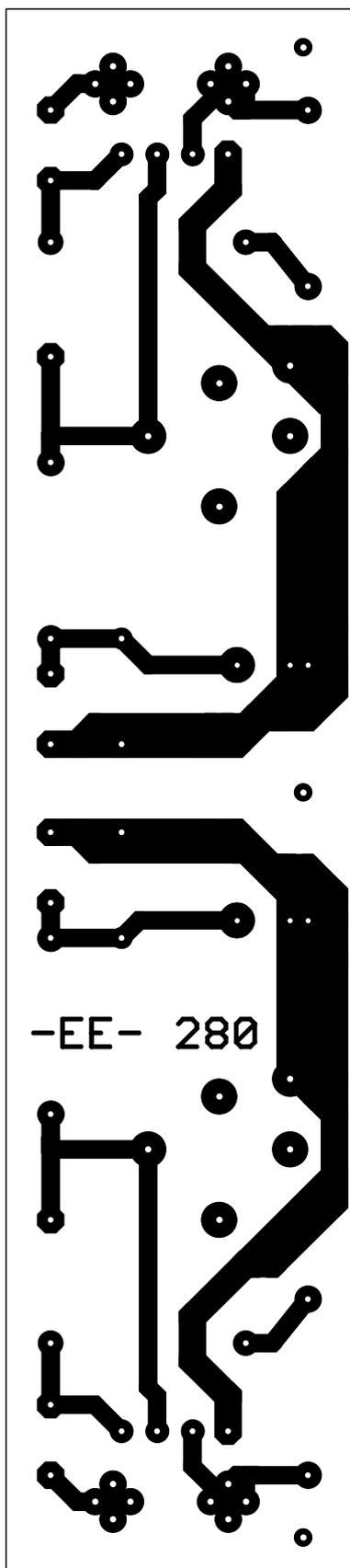
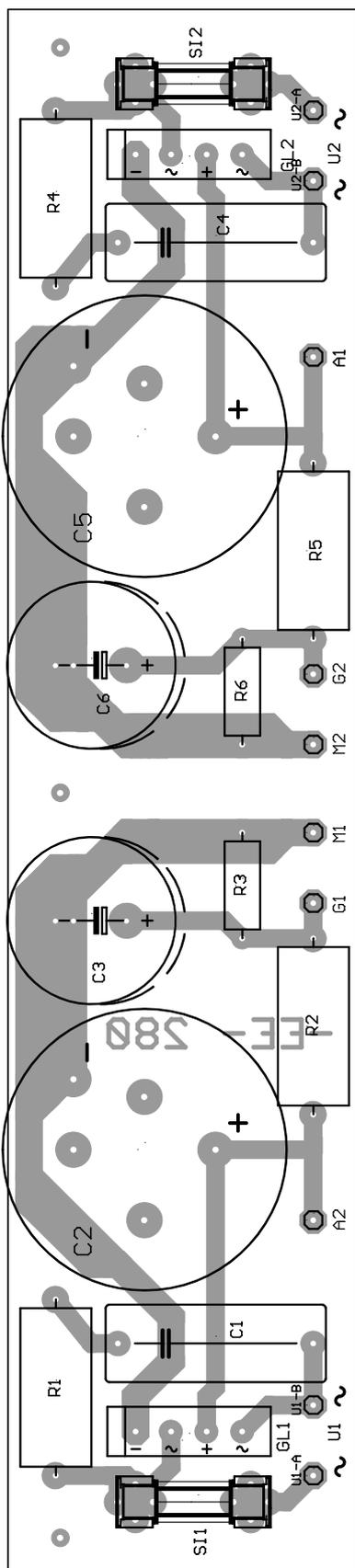
donne un second dimensionnement; c'est lui qu'il faudra utiliser en cas de choix du tube de type EL34. Ce dernier permet d'obtenir 35 W par canal.

C15 est un composant important. En raison d'incontournables capacités de commutation la réponse en fréquence aux fréquences élevées chute légèrement. C15 permet de rajuster quelque peu la contre-réaction aux fréquences élevées. On utilisera comme valeur de base de C15 un condensateur de 1 nF, valeur à adapter en fonction de la réalisation du circuit. Il faudra, en tout état de cause, s'assurer de la réponse en fréquence de l'amplificateur terminé. Si le dimensionnement de C15 est correct, la réponse en fréquence à 20 kHz doit être parfaitement rectiligne et ne doit commencer à chuter de 1 dB environ qu'à partir de 100 kHz environ. Il est très important

cependant d'éviter de donner une valeur trop importante à ce condensateur sachant que cela entraînerait une remontée de la courbe de réponse en fréquence.

Haute-tension et tension de chauffage

Le câblage de l'alimentation, le second bloc, peut paraître relativement complexe au premier abord. En effet il nous faut, vu que l'interconnexion des tubes de sortie est croisée, 2 enroulements de transformateur séparés, en plus de l'enroulement de chauffage. La tension de polarisation de grille, G, est dérivée des 2 enroulements de 65 V. Les enroulements de 50 V sont prévus pour les EL 34 qui se contentent d'une tension de polarisation de grille « plus faible ». Avec ces 50 V, on dispose d'une plage de réglage



Liste des composants de l'alimentation (en version monophonique)

Résistances :

- R1 = 22 Ω MO 4W5
- R2 = 1 kΩ MO 4W5
- R3 = 150 kΩ MO 2 W
- R4 = 22 Ω MO 4W5
- R5 = 1 kΩ MO 4W5
- R6 = 150 kΩ MO 2 W

Condensateurs :

- C1 = 0μF/1 000 V MKP 10
- C2 = 470 μF/450 V (encartable)
- C3 = 100 μF/450 V RM 10
- C4 = 0μF/1 000 V MKP 10
- C5 = 470 μF/450 V (encartable)
- C6 = 100 μF/450 V RM 10

Divers :

- GL1, GL2 = B500C1500 modèle plat
- 2 porte-fusibles avec fusible 0,2 A retardé

Liste des composants de l'alimentation en version stéréophonique (un canal)

Résistances :

- R1, R2 = 22 Ω MO 4W5
- R3, R4 = 1 kΩ MO 4W5
- R5, R6 = 150 kΩ MO 2 W

Condensateurs :

- C1, C2 = 0μF/1 000 V MKP 10
- C3, C4 = 220 μF/450 V axial
- C5, C6 = 47 μF/450 V axial

Divers :

- GL1, GL2 = B500C1500 modèle plat
- 2 porte-fusibles avec fusible 0,2 A retardé

confortable pour les 2 ajustables. Les grilles écran dérivent leur tension des moitiés opposées de l'alimenta-

tion secteur. Cette solution est nécessaire pour permettre aux pentodes de sortie de fonctionner

comme elles le doivent.

À chaque fois que les tubes sont mis en conduction totale, la tension entre la cathode et l'anode tombe à une valeur faible. Lorsque le potentiel présenté par la grille écran chute lui aussi à un niveau similaire, on aura une limitation du signal précoce induite par les tubes eux-mêmes.

Les tensions des grilles écran sont filtrées par le biais d'une paire RC de 1 kΩ/100 μF. Le tube de commande V2 dérive son alimentation de ces 2 tensions. Les résistances R11 et R12 servent à dériver la tension d'alimentation du tube V1, tension que filtre le condensateur C5. La tension de service de V1 est stabilisée par le biais des diodes zener D1 à D4 puis filtrée. Cette fonction est très importante sachant que le tube V1a fournit la

Caractéristiques techniques et résultats de mesure :

Sensibilité d'entrée (pour P = 43 W)	0,92 V _{eff}
Puissance de sortie maximale (THD+N = 1%)	43 W
THD+N (B = 80 kHz, 1 W, 1 kHz)	0,17%
(B = 80 kHz, 1 W, 20 kHz)	0,48%
S/N (pondéré en A) à 1 W	72 dB
Atténuation (à 1 W/1 kHz)	2,67 (impédance de sortie 3 Ω)

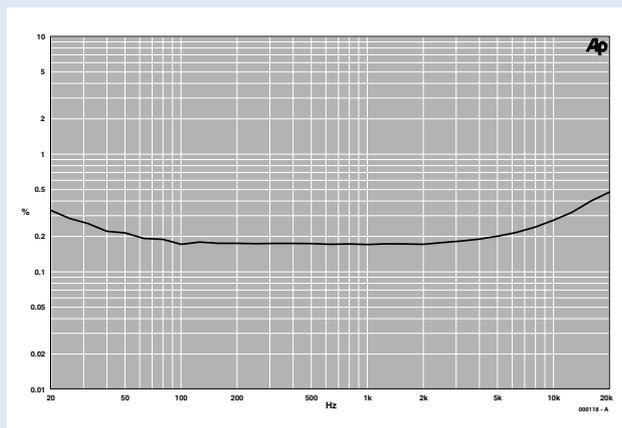


Figure A. Distorsion harmonique totale + bruit (THD+N) à 1 W en fonction de la fréquence.

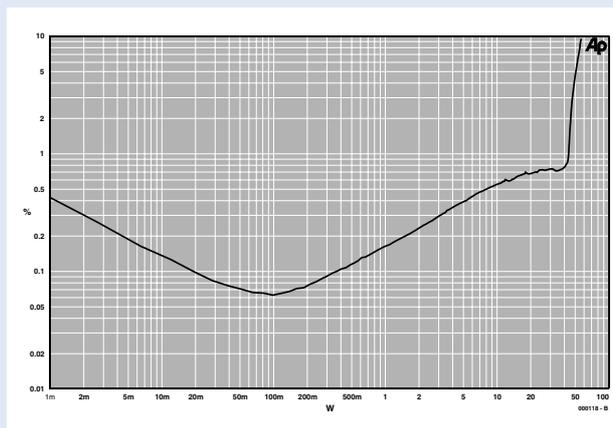


Figure B. THD+N en fonction de la modulation (minimum à 100 mW : 0,063%).

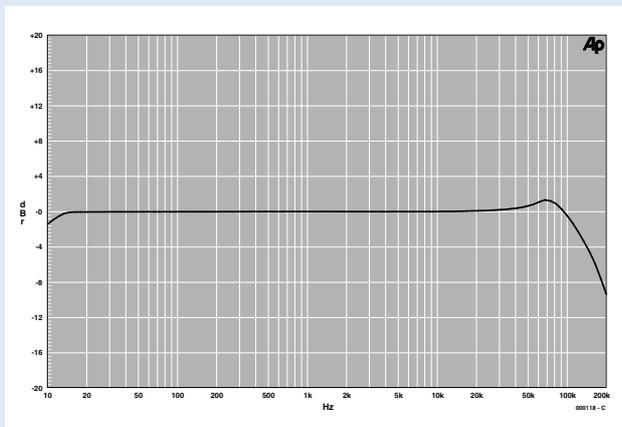


Figure C. Amplitude en fonction de la fréquence (à 25 W).

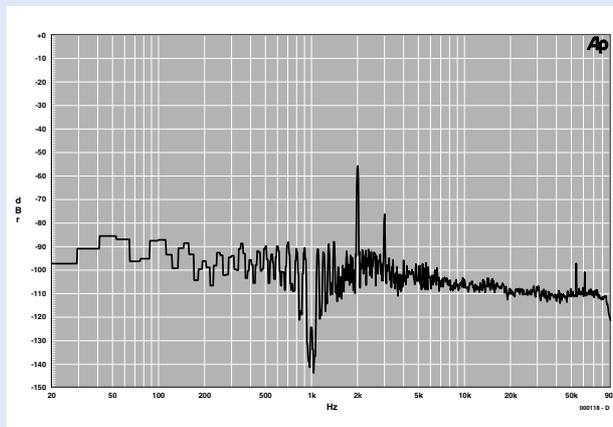


Figure D. Spectre de fréquences à 1 W (amplitude de la seconde harmonique de l'ordre de -56 dB).

majeure partie du gain. Une tension de fonctionnement stable à ce niveau contribue très fortement à la constance du comportement de l'amplificateur.

On trouve, en amont des ponts de redressement haute-tension, des réseaux RC chargés d'éliminer les pics de tension induits par le pont de redressement.

Si l'on ne prenait pas cette précaution, ces pics prendraient la forme d'aiguilles dont le

spectre de fréquences très large deviendrait audible dans le haut-parleur des aigus. On pourra, si cela s'avère nécessaire, redimensionner cette partie du circuit. Les hautes-tensions sont dotées chacune de sa protection. S'il devait se faire, risque le plus fréquent, qu'un tube rende l'âme, cette mort s'accompagne souvent par une circulation brusque

d'un courant de forte intensité. Le fusible évite le pire et interrompt le courant d'anode. Ce fusible rend également d'éminents services en cas de problèmes (doux euphémisme) au niveau du pont de redressement ou de condensateur électrochimique défectueux.

Nous vous proposons 2 versions d'alimentation, la première pour

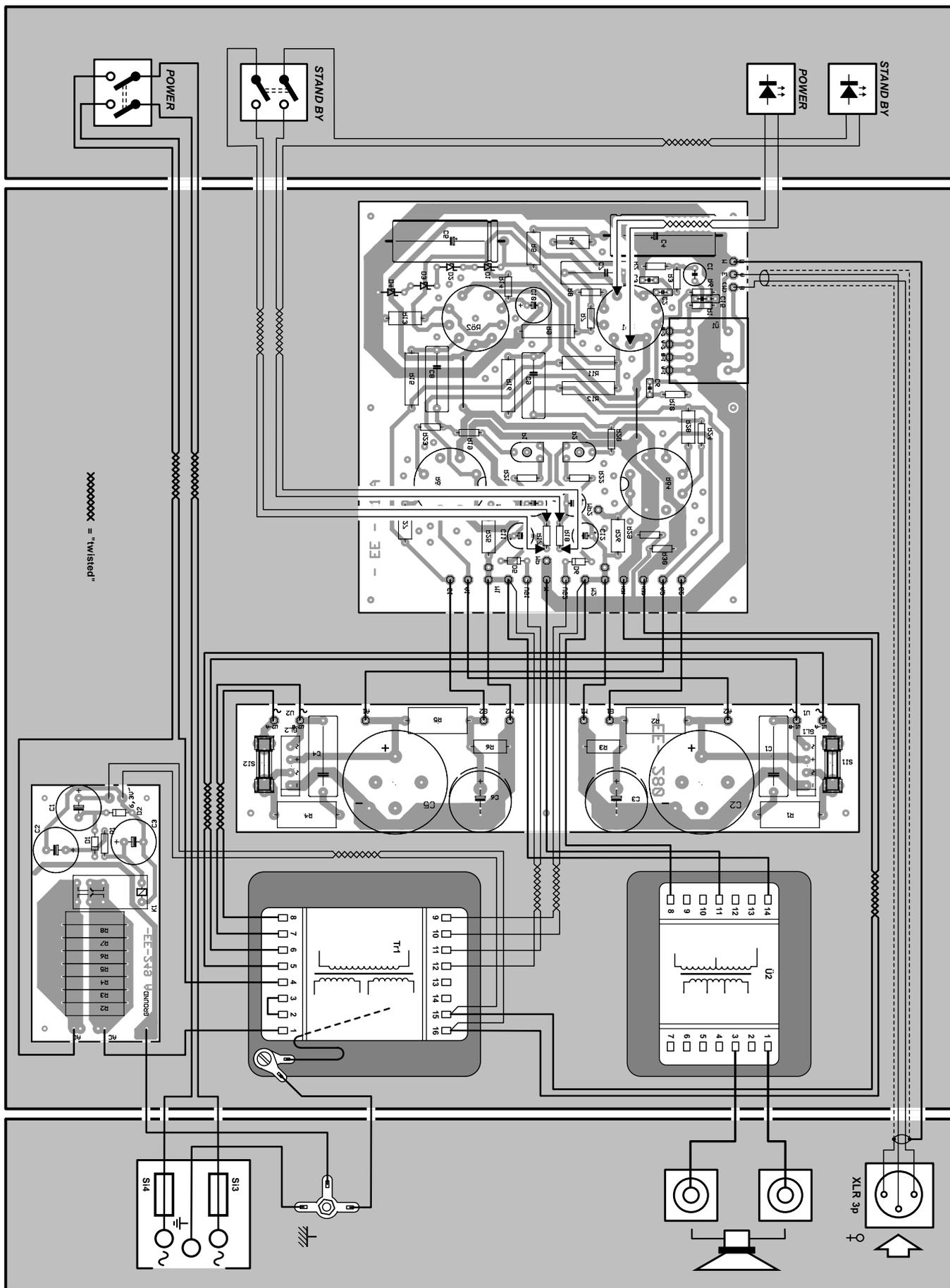
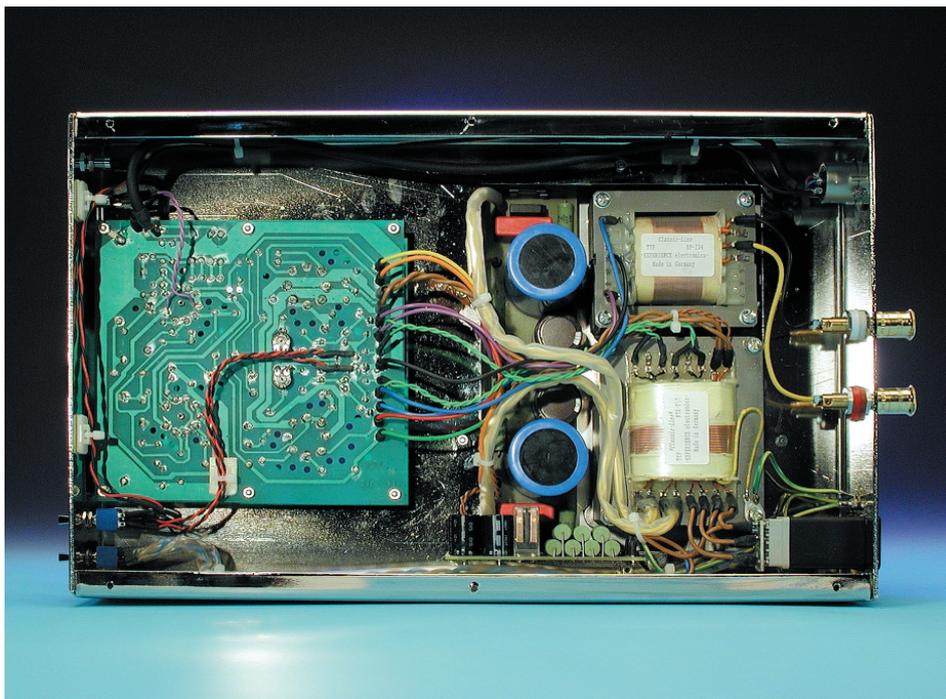


Figure 6. Le plan de câblage est une aide précieuse et quasi-indispensable pour la réalisation de cet amplificateur à tubes.



l'alimentation d'un bloc monophonique, l'autre pour un étage de puissance stéréophonique. Pour des raisons de place et de coût, les alimentations se sont vues dotées de différents types de condensateurs, la version stéréo compacte utilisant une combinaison 220 μF /47 μF , la version monophonique (qui dispose de bien plus d'espace) fait appel elle à une combinaison 470 μF /100 μF . Vous pourrez, si vous choisissez de fabriquer votre propre coffret, opter pour un amplifica-

teur en version stéréo soit constitué d'une paire de blocs monophoniques soit encore doté uniquement des condensateurs de plus forte capacité. De par son principe, le concept proposé ici tient en fait de la « boîte de meccano » vu les diverses options qu'il offre.

La tension de chauffage de 6,3 V est symétrisée à la masse par le biais de 2 résistances de 47 Ω . Cette technique est impérative sachant que la différence de tension admissible entre les cathodes et les filaments de chauffage est, lorsque l'on travaille avec des tubes, relativement limitée. Cette précaution réduit également très sensiblement le rayonnement de ronflement induit par la tension de chauffage.

Temporisation de mise en fonction

La tension de chauffage sert d'alimentation au 3^{ème} bloc, celui de la temporisation de mise en fonction. Le transformateur secteur est construit à base d'un noyau MD au bobinage très faible impédance capable de fournir des courants de crête importants et qui génère, à l'image des transformateurs toriques, un pic de courant de magnétisation important lors de la mise en fonction du système.

De plus, on trouve, côté secondaire, immédiatement en aval des ponts de redressement, des condensateurs Haute-Tension de forte capacité qui, à l'instant de l'application de la tension d'alimentation, sont encore vides et doivent être chargés à une tension de quelque 430 V. D'autant plus, en outre, que les filaments de chauffage des tubes constituent, à froid, un quasi-court-circuit. À l'image des ampoules à incandescence, ils présentent un caractère PTC (à coefficient de température positif). En l'absence de dispositif de temporisation de mise en fonction le disjoncteur de l'installation électrique domestique ne manquerait pas d'entrer en fonction.

On dérive de la tension de chauffage, après passage par un étage doubleur de tension/redresseur, les 12 V requis par le relais. Lors de la mise sous tension de l'appareil les contacts du relais sont ouverts, le courant se trouvant limité, de par la présence des 7 résistances de puissance prises en parallèle, à une intensité de l'ordre de 16 A. Le relais colle après une temporisation d'une seconde environ et ponte ainsi les résistances, une fois l'ensemble des processus critiques écoulé. Nous avons opté pour un relais encartable doté de 2 contacts inverseurs dorés montés en parallèle, ce qui garantit un excellent contact et une fiabilité de fonctionnement élevée.

Construction au chic indéniable

Nous vous proposons en fin d'article les listes des composants des différentes versions en fonction du type de tubes utilisés. Si vous respectez scrupuleusement les listes des composants et que vous n'utilisez que les matériaux qu'elles préconisent, vous ne courrez en fait aucun risque de disfonctionnement.

Nous avons choisi, pour le coffret, un châssis nickelé brillant poli et à soudeure invisible, ce qui donne à cet amplificateur un cachet indiscutable. L'aluminium évite les distorsions magnétiques telles que celles qui pourraient naître par le rayonnement des transformateurs. De par le polissage et le nickelage brillant (pas de chrome ici !) le châssis peut se targuer d'une élégance certaine.

Où trouver les platines

Tout comme dans le cas du Preamp à tubes que nous vous avons présenté voici près d'un an, les platines de cet étage de puissance à tube sont disponibles à une autre adresse que d'habitude. Si vous tenez à ne pas graver vos platines vous-même, l'auteur :

Gerhard Haas
EXPERIENCE electronics
Weststraße 1
89542 Herbrechtingen
Tél.: 0 73 24 / 53 18
FAX: 0 73 24 / 25 53
E-Mail:
EXPERIENCE.electronics@T-Online.de

se fera un plaisir de vous proposer les platines avec ou sans composants.

À l'oeil, le nickel rehausse la sonorité chaude et accentue le physique attrayant des tubes, ce que ne fait pas la coloration bleutée du chrome. Il est impératif, pour des raisons de sécurité électrique et de blindage, que le coffret métallique soit relié à la ligne de terre du secteur. Partant, il faut que les différentes embases soient isolées par rapport au coffret. La ligne de terre est reliée directement au coffret. Le transformateur secteur est doté d'un blindage statique intercalé entre les enroulements du primaire et du secondaire, blindage devant lui aussi être relié à la ligne de terre. La masse du signal n'est reliée au coffret qu'une seule et unique fois, au niveau de l'entrée de l'amplificateur et ce en vue d'obtenir une équipotentialité (équilibre des potentiels). Le câble se fait à l'aide de conducteurs multibrins entortillés par paires et dont la section est donnée sur le plan de câblage de la **figure 6**. On se fera une photocopie de ce schéma sur laquelle on soulignera au marqueur de couleur les interconnexions déjà effectuées. On se mettra ainsi à l'abri d'un oubli ou d'une interconnexion erronée !

Une fois le câble terminé et vérifié, on pourra procéder au test électrique du système. Les fusibles des tensions d'anode ne seront pas encore implantés pour le moment. Les filaments de chauffage doivent être visibles au bout de l'ordre de 2 minutes. On s'assure ensuite de la présence des tensions négatives de polarisation de grille au niveau du support de tube et qu'elles se laissent modifier par action sur les ajustables. On effectue les mesures en fonction voltmètre, les sondes étant reliées au point M1 et à la grille de V3, d'une part et à M2 et la grille de V4 de l'autre. On joue ensuite sur les ajustables de façon à disposer sur chacune des grilles de commande concernée de la tension négative maximale. On coupe ensuite la tension d'alimentation et on place les fusibles de protection des anodes. Après remise sous tension on procède à une nouvelle mesure, à l'aide du voltmètre, de la chute de tension aux bornes des résistances de cathode R25 et R26. Les tensions mesurées à ce niveau sont représentatives de la valeur du courant de repos.

On ajuste ensuite, alternativement, les courants de repos de chacun des 2 tubes pour l'amener à la valeur de consigne. Cette opération sera répétitive vu que, de par la charge de l'alimentation, le courant de repos ajusté sur le premier tube change lorsque l'on joue sur la valeur du courant de repos du second. On pourra ensuite, en s'aidant d'un générateur sinusoïdal, d'une résistance de charge et d'un oscilloscope, vérifier la réponse en fréquence et la puissance fournie par l'amplificateur. On terminera ce processus de réglage par un ultime ajustage du courant de repos à la valeur de consigne. Le réglage du courant de repos se fait toujours sans signal. Votre amplificateur à tubes est prêt maintenant à dévoiler toute sa chaleur.

Nous avons réalisé tant une version monobloc (photo ci-dessous) que stéréophonique (cf. photo de couverture). Dans le cas de la mise en oeuvre de blocs monophoniques on est assuré de l'absence de diaphonie (interférence entre les canaux), ce qui se traduit par une meilleure résolution, une spatialité plus large et une plus grande brillance du signal. La version stéréo a pour avantage d'être plus économique vu que l'on pourra se contenter d'un unique coffret et d'une alimentation moins coûteuse.

(000118)

