

Audiophile n°7, novembre 1978

Préamplificateur S.R.P.P. à égaliseur passif

K. Anzai

Traduction et adaptation
de Jean Hiraga

Il a été décrit dans le numéro 2 de l'Audiophile un préamplificateur à tubes, utilisant le fameux circuit S.R.P.P. push-pull à shunt régulé, basé sur le circuit Anzai. Katsutaro Anzai, un professionnel dans le domaine audio, a passé de nombreuses années à étudier des transformateurs basse fréquence, des émetteurs haute fréquence, des tubes de réception et d'émission. Il a travaillé également à une très longue série d'études de préamplificateurs et d'amplificateurs, tous à tubes, publiées pour la plupart dans les principales revues techniques japonaises, entre 1965 et 1978.

Le circuit qui va être décrit ici est pratiquement le même que celui publié dans le n° 2, mais il possède cette fois un étage de sortie supplémentaire, un contrôle de tonalités et a l'avantage d'être monté sur un circuit imprimé comprenant tous les composants, sauf le transformateur d'alimentation, la self de filtrage, les potentiomètres et les diverses prises de connexion. Sa réalisation est donc simple.

La réalisation d'un préamplificateur de haute fidélité à tube n° a rien de facile, pour s'en convaincre, il suffit de jeter un coup d'oeil sur quelques circuits récents. Bande passante, taux de distorsion, rapport signal/bruit, ainsi que tous les phénomènes subjectifs peuvent conduire à rejeter un circuit pourtant idéal en théorie et obliger à trouver un meilleur compromis ; par exemple le choix du correcteur RIAA

passif ou actif, le choix d'une contre réaction de taux élevé ou faible, corrélations avec des résultats subjectifs pour la plupart contradictoires. On peut ainsi trouver sur le marché ou encore à l'état de prototype de nombreux circuits aux caractéristiques sans aucun reproche, avec bande passante très large taux de distorsion extrêmement faible. Cependant nous savons tous qu'un tube utilisé tel quel,

sans aucun artifice modifiant ses caractéristiques intrinsèques, produit un taux de distorsion d'un minimum de 1%. Si après de nombreux artifices et «camouflages», «maquillages» le taux de distorsion baisse et la bande passante s'élargit, ces deux avantages, bien que de grande valeur, sont dans la majorité des cas défavorisés par de nombreux nouveaux défauts : perte de gain total, augmenta-

tion de distorsion par intermodulation, de «T.I.M.», surmodulation d'entrée réduite et autres désavantages techniques, accompagnés de phénomènes subjectifs tels que perte de dynamique, son «plat» etc etc...

Trouver un bon compromis n'est donc pas facile. Mais un point ne doit jamais être oublié : un préamplificateur doit avant tout satisfaire l'oreille, même pour des performances techniques légèrement inférieures.

Dans le présent circuit, l'avantage principal est l'utilisation à 100% des circuits S.R.P.P. dont les particularités ont été décrites dans l'Audiophile n° 2 : grande linéarité, faible distorsion, pas d'appel de courant vu de l'alimentation, impédance de sortie faible, circuit simple.

Ceci permet de supprimer ainsi tout circuit de contre réaction négatives, de conserver un gain suffisant malgré l'utilisation d'un circuit correcteur RIAA entièrement passif.

Un bon préamplificateur à tube revient toujours cher, à cause des moyens techniques mis en œuvre, prix des composants de qualité professionnelle, circuit complexe.

Le circuit S.R.P.P. décrit ici, permet cependant d'obtenir un très bon compromis à tous points de vue.

Circuit à couplage R.C. et circuit S.R.P.P.

Prenons par exemple le tube ECC 81/12 AT7 (fig. 1), de pente légèrement inférieure au ECC 83/12 AX7. Pour une tension d'alimentation de 250 V, une résistance de charge de plaque de 100 Kohms, une résistance d'entrée (pour l'étage suivant) de 270 Kohms, une tension d'entrée de 0,61 volt, ce tube donne en sortie 23 volts, soit donc un gain d'environ 37. Dans ces conditions, le taux de distorsion est de 4,4%. Vu que la

majorité des amplificateurs ont une sensibilité d'entrée de 1 volt en moyenne ceci pourrait paraître suffisant. Mais si l'on considère cette fois, non pas la tension de sortie de 23 volts, mais la courbe de réponse et l'impédance de sortie d'un tel étage, on voit qu'il ne peut satisfaire à la norme «haute fidélité». On peut alors ajouter un étage de conversion basse impédance, avec sortie du genre cathode follower et appliquer une boucle générale de contre réaction comme il se fait d'habitude. Ceci complique fortement le circuit et n'apporte finalement que des désavantages : défauts cités ci-dessus, prix total des composants plus élevé, fiabilité réduite, emplacement des circuits plus important augmentant la distance entre ceux-ci. Cela est toutefois le cas de 90% des circuits de préamplificateurs à tubes...

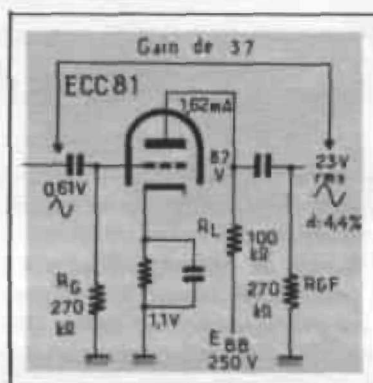


Fig. 1 Cas d'une demi-ECC 81 montée avec charge anodique.

Avantages : circuit très simple.

Un demi tube par étage.

Défauts : Impédance de sortie élevée.

Taux de distorsion moyen.

Bande passante passable.

Mais revenons au circuit de la figure 1 : le courant de 1,6 mA traversant la résistance de charge de 100 Kohms provoque une chute de tension de 160 volts, ce qui donne une tension plaque de 90 volts. En comparant ces tensions de 90 volts et 160 volts, la

puissance absorbée par la résistance de 100 Kohms seule est au moins 1,7 fois plus grande que celle du tube même, en négligeant la consommation de la résistance de polarisation de cathode. Ainsi, lorsqu'un signal positif attaque la grille d'entrée, la résistance interne du tube baisse (augmentation du courant plaque), et le courant plaque tend à varier en fonction de la tension grille. «Tend à varier», car en effet, la présence de la valeur élevée de R_L , résistance de charge montée en série avec le tube, va provoquer pendant le travail dynamique du tube, un effet de contre réaction en courant continu, qui réduira la marge de dynamique. Les plus récents disques à gravure directe, les bandes enregistrées en direct, sont les meilleures sources sonores pour mettre en évidence les défauts de tels circuits.

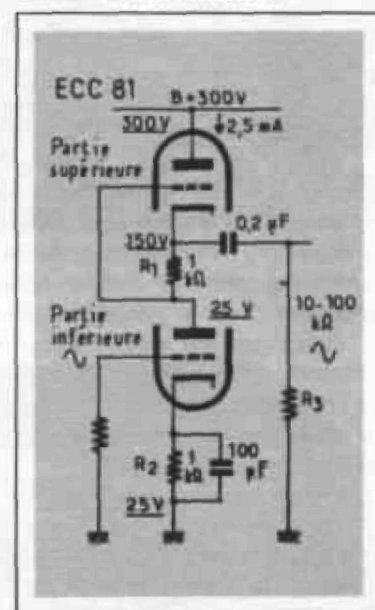


Fig. 2 Défaut : un tube au lieu de deux (deux triodes). Avantages : Niveau de sortie élevé sans saturation. Impédance de sortie faible. Réponse en fréquence très bonne. Impédance de charge en sortie large ou faible sans effet sur les performances. Impédance d'entrée élevée.

Comparé à ces derniers le circuit S.R.P.P. (fig. 2) est beaucoup plus simple, il utilise deux tubes montés en série, et travaille en push-pull sous l'action d'un signal alternatif. D'impédance d'entrée élevée et d'impédance de sortie faible, son gain est élevé et son taux de distorsion faible.

Prenons un exemple de tension d'alimentation de 300 V, soit donc 150 volts pour chaque moitié (car montés en série) de ECC 81. R_1 et R_2 déterminent la polarisation, soit une chute de 2,5 volts pour une valeur de 1 Kohm. Sans signal le courant de repos est alors de 2,5 mA. Dans ce cas la charge R_L est représentée par deux triodes montées en série soit environ 60 Kohms pour chacune d'elle. Si donc on remplaçait la partie supérieure par une résistance de 60 Kohms, on reviendrait à un circuit de couplage R.C. travaillant en classe A.

Cependant dans le circuit S.R.P.P. la grille de la partie inférieure est d'abord soumise à une tension positive, modifiant le courant plaque. Aux bornes de la résistance de polarisation du tube supérieur va apparaître alors une tension qui sera égale aux variations de courant du tube inférieur. Vu que la grille supérieure est reliée à la plaque du tube inférieur, et à la base de la résistance de polarisation, il ne peut, proprement dit « amplifier », sinon que grâce aux modifications de la résistance interne du tube inférieur, qui est fonction du signal d'entrée. Vu de la sortie, il n'existe donc plus de perte due à une charge passive R_L , et les tubes supérieur et inférieur travaillant en push-pull apportent ainsi une impédance de sortie au moins inférieure au $1/10^e$ d'un montage normal à couplage R.C.

Comme énoncé aussi dans l'Audiophile n° 2, les deux tubes travaillant en « tandem », permettent d'obtenir une tension de sortie qui n'est limitée que par la

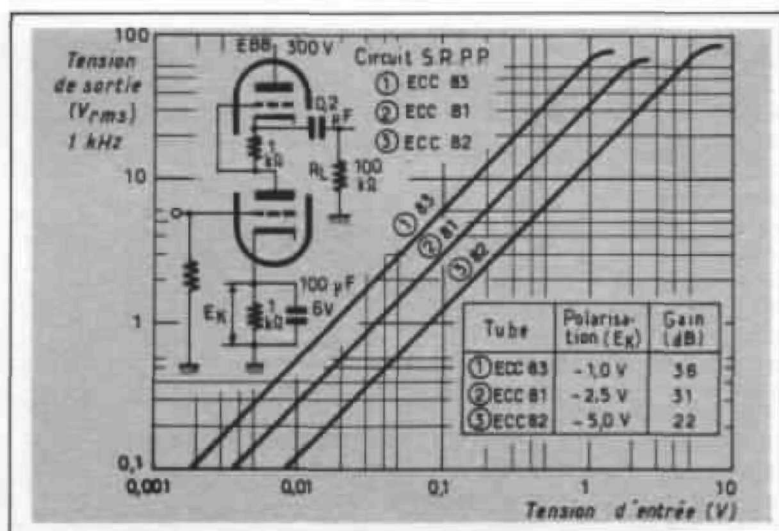


Fig. 3 Gain d'un étage SRPP pour trois tubes, ECC 81, ECC 82 et ECC 83

destruction des deux tubes. Le travail dynamique en push-pull, lui, annule la distorsion, ce qui n'apporte en sortie que le résidu de distorsion de l'auto compensation des courbes.

En adoptant cette fois le circuit S.R.P.P. à un exemple concret, tel le circuit proposé ici, on prend une tension d'alimentation de 300 volts, soit 150 volts par tube, et on mesure le gain qui donne, suivant la figure 3, 3 volts de sortie pour 100 mV de tension d'entrée, ou encore 30 volts de tension de sortie pour 1 volt d'entrée. Ainsi, en mettant en cascade deux de ces circuits, le gain passe à 1000 (60 dB), soit l'obtention de 1 volt en sortie pour 1 millivolt en entrée. Cependant, il faut soustraire la perte de gain apportée par l'insertion des circuits passifs correcteurs R.I.A.A. soit environ 22 à 23 dB, ce qui donne un gain total de 37 à 38 dB. Ce gain peut suffire dans certains cas, par exemple si la sensibilité de la cellule phonoelectrique et celle de l'amplificateur suivant ce circuit sont suffisamment élevées. Mais heureusement comme le montre la figure 3 les variations de tension de sortie par rapport à celles

de l'entrée sont parfaitement linéaires jusqu'à environ 70 volts en sortie. Il n'y aura donc aucun risque de saturation de ce circuit en fonctionnement normal, même dans les conditions de travail les plus difficiles.

Bande passante du circuit S.R.P.P.

La figure 4 illustre une mesure faite sur le circuit S.R.P.P. pour une tension de sortie de 10 V rms, charge de sortie de 50 Kohms, condensateur de sortie de $0,22 \mu F$ et $R_k = 500$ ohms.

La linéarité est parfaite entre 13 Hz et 300 kHz, laquelle est encore améliorée si la tension de sortie est réduite, de l'ordre de 7 à 8 volts. Elle s'élargit alors de 9 Hz à 500 kHz. Normalement un circuit à couplage RC et résistance de charge est, surtout sans aucune contre réaction, incapable de reproduire une bande aussi large, sauf si son gain est réduit ainsi que son impédance de sortie.

Malgré une impédance de sortie aussi faible, soit à 1 kHz de 3,4 kohms environ, le taux de

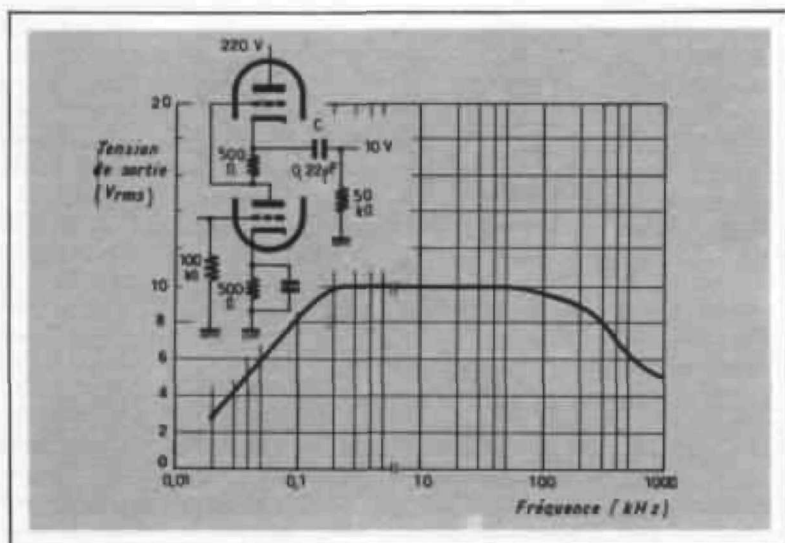


Fig. 4 Bande passante du circuit S.R.P.P. (tube ECC 81). Même sans contre réaction, elle est extrêmement bonne ; plus de 100 kHz.

distorsion reste de l'ordre de 1% pour 10 volts de sortie, et de 0,1% pour 1 volt de sortie.

Egaliseur RIAA

Contrairement au circuit S.R.P.P., décrit précédemment

(voir l'Audiophile n° 2, page 10) les valeurs utilisées sont différentes, soit au lieu de 30 Kohms, 3 Kohms, 3 nF (3000 pF), 0,1 μF et 100 Kohms, de 0,2 μF, 82 Kohms, 62 Kohms, 47 nF, 15 nF et 220 Kohms (Fig. 5).

Noter ici le fait que la résistance de fuite grille, de 220 Kohms ne doit pas être changée,

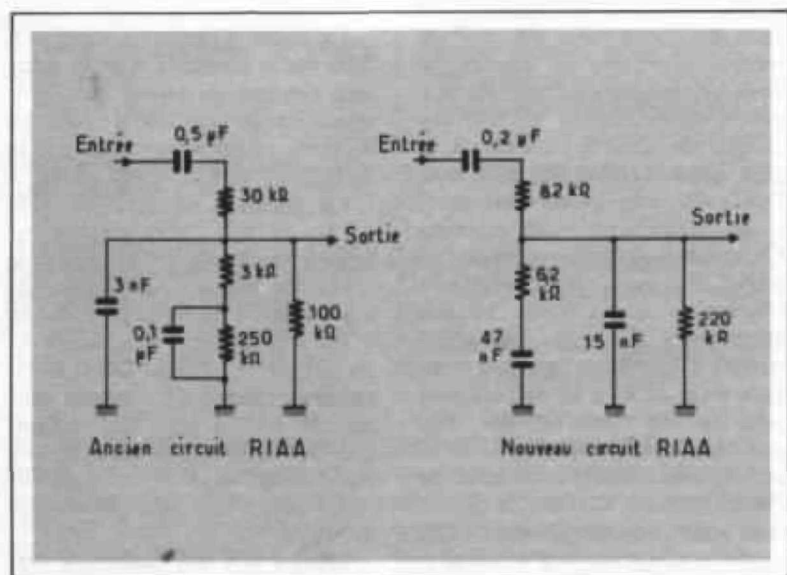


Fig. 5 Circuits RIAA

sauf si les valeurs des circuits passifs sont recalculées et remplacées. D'impédance légèrement plus élevée, il donne de bien meilleurs résultats avec des composants passifs courants (fig. 6).

Etage linéaire + correcteur de tonalité

Pour ne pas rendre ce circuit difficile à adapter aux autres maillons pour raison de manque de gain, un étage linéaire a été rajouté, ainsi qu'un contrôle de tonalité de type Williamson, donc tout à fait courant. L'étage de sortie est toujours un circuit S.R.P.P., dont la polarisation est toutefois légèrement augmentée (fig. 7).

Gain total

Pour les deux premiers étages, avec égaliseur RIAA passif, le gain est, suivant le genre de tube utilisé, de :

ECC 83 + ECC 83 = 150, soit 43 dB ;

ECC 83 + ECC 81 = 100, soit 40 dB ;

ECC 81 + ECC 81 = 75, soit 37 dB.

Gain auquel on doit ajouter celui de l'étage de sortie, mais aussi soustraire la perte d'insertion du correcteur de tonalité. Ceci apporte une légère augmentation de gain pour un tube ECC 82 en sortie soit un gain total de 42 à 43 dB, un peu plus si les deux tubes d'entrée sont des ECC 83.

La combinaison ECC 81 (entrée ECC 83, sortie RIAA, et ECC 82, étage de sortie linéaire) est celle qui a donné, après plusieurs essais comparatifs les meilleurs résultats.

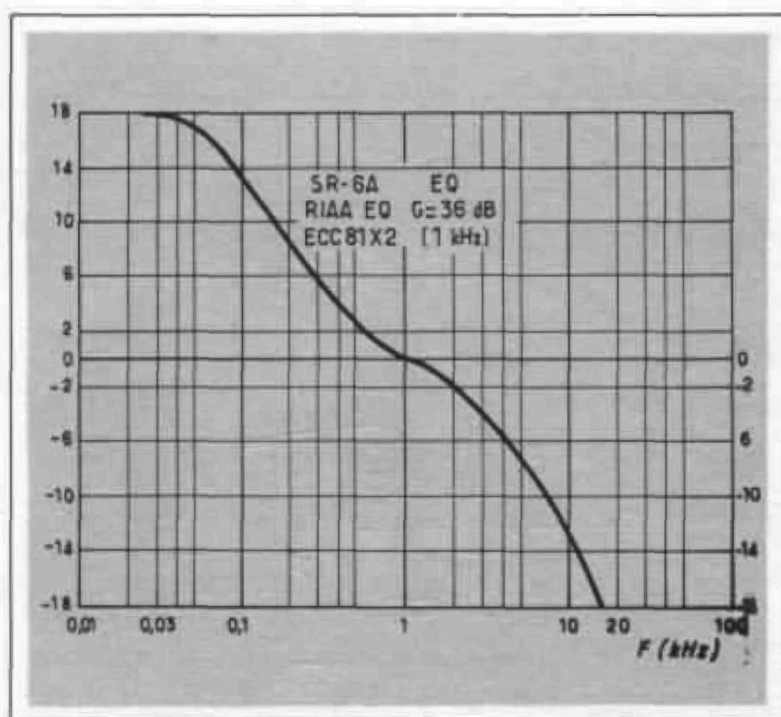
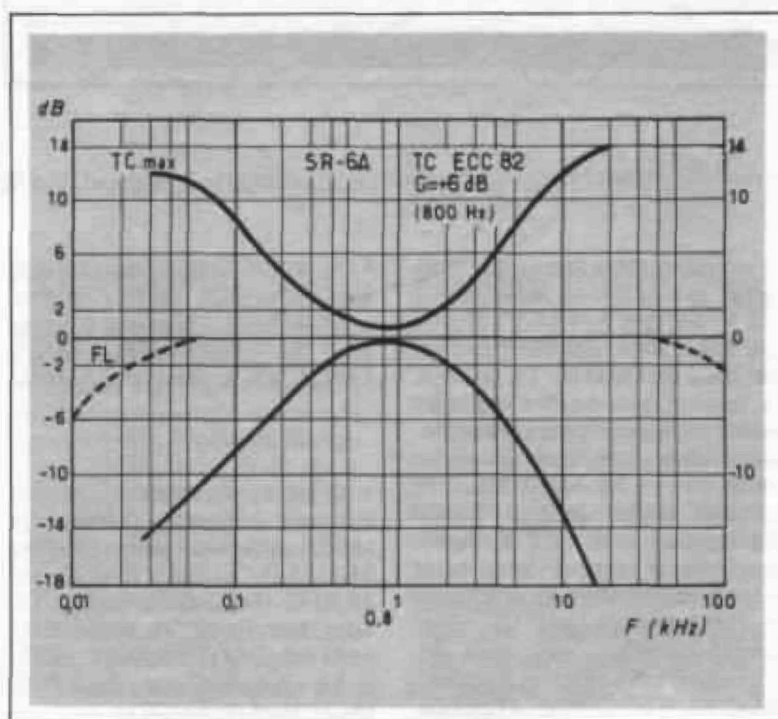


Fig. 6 Caractéristiques de la compensation RIAA et des contrôles de tonalité.



Montage

Pour faciliter ce montage, le circuit complet est monté sur un circuit imprimé. Généralement, il apporte une perte de qualité, soit pour une question de mauvaise qualité du cuivre «imprimé», dont l'épaisseur ne dépasse guère 25 microns, soit pour une question de capacités parasites et pertes diélectriques. C'est pourquoi il a été employé ici un circuit fait de verre epoxy de très bonne qualité (Fig. 8).

Les supports de tubes, qui doivent résister à une température permanente de plus de 70°, sont en stéatite haute fréquence. De tels supports de tubes sont nécessaires pour le premier étage, pour conserver les qualités intrinsèques du circuit S.R.P.P.

Tous les composants sont implantés sur le circuit imprimé et seuls quelques composants sont à monter séparément : circuit correcteur de tonalité (potentiomètres seulement), commande de volume et de balance, (dans le circuit décrit ici il n'est fait usage en réalité que de deux potentiomètres séparés de volume), prises Cinch, inverseur mettant hors circuit le contrôle de tonalités et l'étage final, sélecteur d'entrées. La taille du circuit imprimé est de 31 cm x 11 cm. Il se fixe horizontalement sur le châssis, par l'intermédiaire de huit entretoises de 1 cm de hauteur. Les électrochimiques et les diodes de redressement sont inclus sur le circuit imprimé.

On peut remplacer la première résistance de 3,3 kohms, de filtrage par une self de filtrage de valeur moyenne 5 Henrys, 100 Ohms environ.

Alimentation

Pour le transformateur
 Primaire : 110/220 V
 Secondaire : 250 volts à 270 volts, 50 à 100 mA
 Filaments : 11 volts, 1,5 A

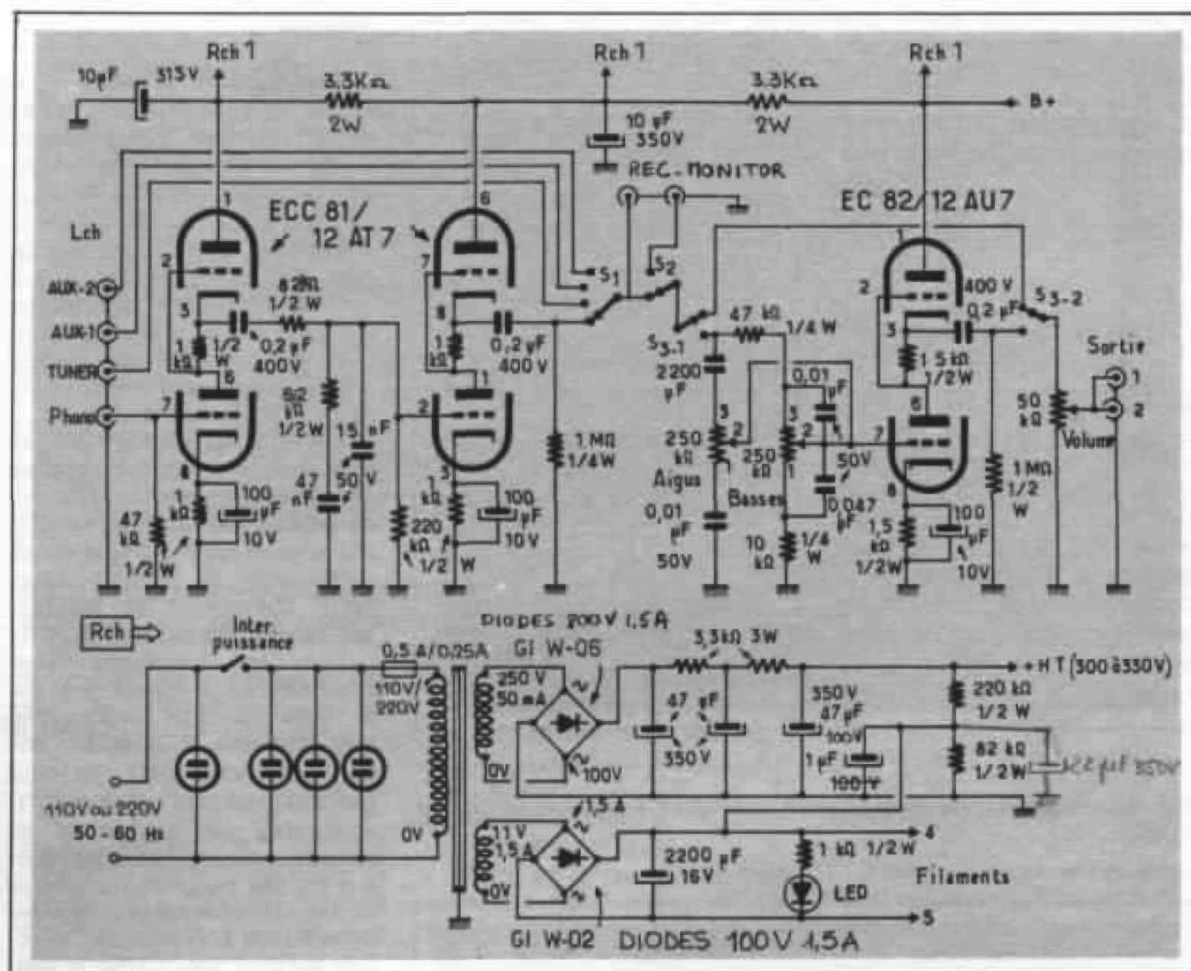


Fig. 7 Schéma du préamplificateur S.R.P.P. Anzai.

Il faut utiliser bien entendu un modèle blindé, qui sera placé à l'opposé de l'entrée phono. On peut aussi utiliser un transformateur non blindé et effectuer extérieurement un blindage en cuivre (épaisseur environ 1 mm).

Les filaments sont alimentés en continu, (circuit de filtrage et redressement inclus sur le circuit imprimé). On peut, bien sûr, utiliser une tension de 12,6 volts, mais une résistance chutrice est à employer entre le circuit filament et la sortie de redressement. Sa valeur déterminée en mesurant

le courant total (deux ou trois tubes par canal, et moyenne de 6,3 V, 300 mA ou 12,6 V 150 mA par tube, avec filaments mis en parallèle ou en série). En résumé, la tension aux bornes des filaments montés en série (pour chaque tube) doit être comprise entre 11 et 12,6 volts. Pour 11 volts le niveau de bruit baisse légèrement, mais si l'on désire améliorer le rapport signal/bruit il est possible alors de remplacer le tube d'entrée par les séries professionnelles, qui sont les équivalents des tubes utilisables : ECC 81 : ECC 801S (Telefun-

ken), E 81CC (Siemens, Ultron)
ECC 82 : ECC 802S (Telefun-
ken), E 82CC (Siemens, Ultron)
ECC 83 : ECC 803S (Telefun-
ken), E 83CC (Siemens, Ultron)

D'autres équivalents professionnels existent, comme les séries professionnelles Mullard M 8136 (ECC 802S/E 82 CC) et M 8137 (ECC 803S/E 83 CC), ainsi que les séries américaines 6189 ou 12AU7WA (ECC 802S/E 82 CC), 6057 ou 12AX7WA (ECC 803S/E 83 CC).

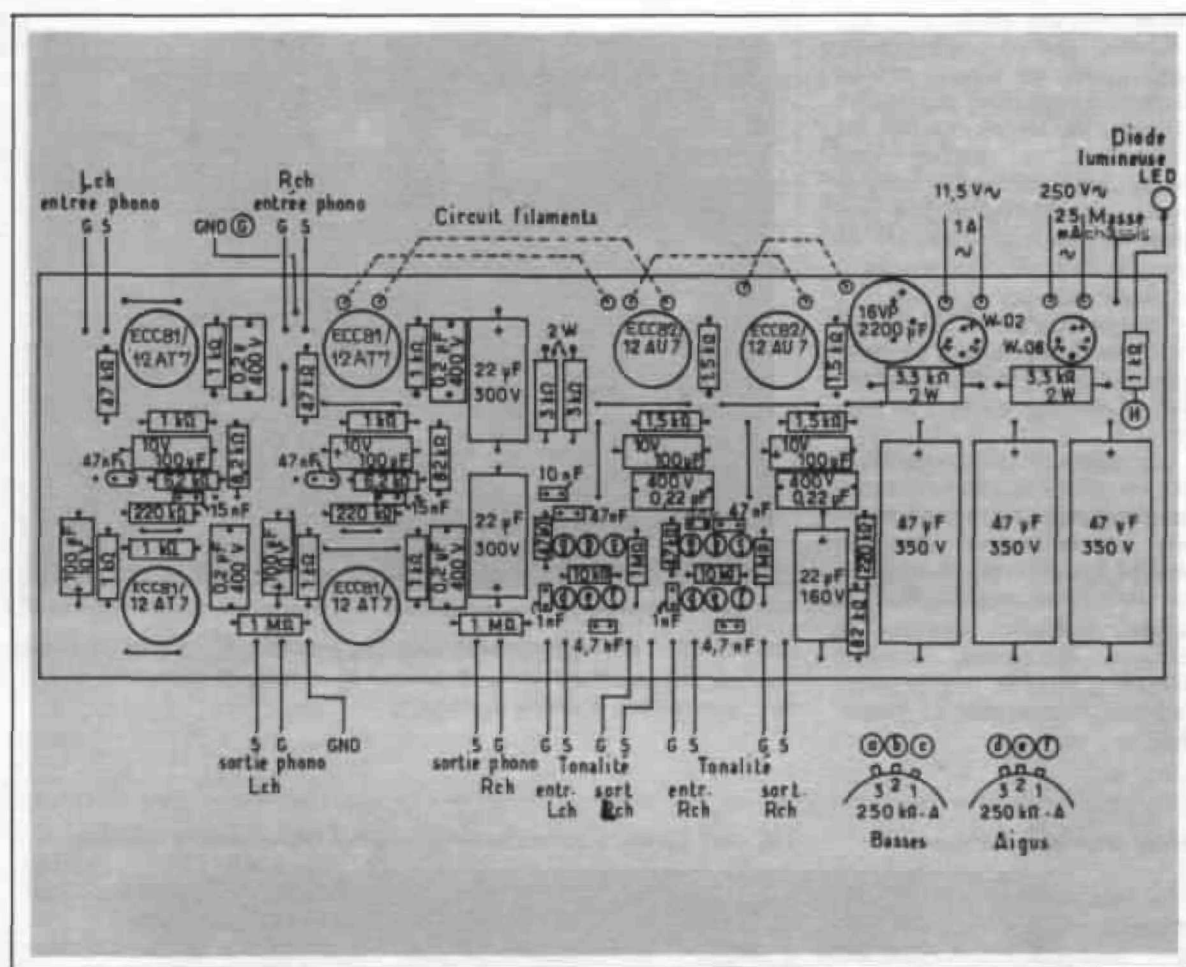


Fig. 8 Implantation sur le circuit imprimé.

Composants passifs

Ceux utilisés sur le circuit imprimé sont des composants de très bonne qualité et de prix abordable. L'alimentation utilise des condensateurs de valeur courante, soit 47 μ F pour le filtrage. La surface importante du circuit imprimé donne les moyens d'accéder facilement à tous les composants en cas de modification du circuit, comme par exemple les perfectionnements faits par Monsieur Tanaka (Audio-philie n°2). Si la valeur des condensateurs est augmentée, il est nécessaire de remplacer les diodes

de redressement (un pont redresseur au silicium) par un modèle de plus grand ampérage.

Impédance de sortie :

Comme indiqué plus haut, elle est de 3,5 Kohms pour le tube ECC 81, 7 Kohms pour le tube ECC 83 et 2,4 Kohms pour le tube ECC 82.

Préchauffage

Comme pour tous les appareils à tubes, l'appareil est prêt à fonctionner une trentaine de secondes après la mise en mar-

che. Cependant il est préférable d'attendre une demi-heure pour faire des essais comparatifs (entre préamplificateurs par exemple).

Qualités :

Elles sont identiques à celles décrites dans le n° 2 de l'Audio-ophile, et même malgré des composants plus modestes, mais bien choisis, on arrive malgré tout à quelque chose de supérieur à la plupart des préamplificateurs à tubes, même de grande classe et de prix beaucoup plus élevé.

Circuit imprimé SRA-6 :

Réalisé par le laboratoire Anzai, c'est un circuit expérimental qui n'est donc pas destiné à la vente par circuit commercial traditionnel, ou encore sous forme de préamplificateur monté. Il est donc destiné aux amateurs désireux d'essayer ce circuit et de profiter de ses qualités exceptionnelles pour son prix de revient abordable. Ainsi que pour tous ceux pour qui un montage sans circuit imprimé ou sans plan de montage est hors de portée.

Les amateurs qui connaissent bien les pièces détachées disponibles en France, qui savent monter et réaliser un circuit imprimé, peuvent donc s'inspirer de ce circuit intéressant et simple. Les lecteurs intéressés désirant se procurer le circuit imprimé monté peuvent également s'adresser directement à l'Audiophile.



Commande d'une série spéciale de tubes pentodes KT 88 chez G.E.C. (Grande Bretagne) en 1971. A gauche K. Anzai, au centre M. Gorst (dpt. technique), à droite J. Hiraga.

Pièces détachées diverses

La liste ci-après pourra aider les amateurs désireux de se procurer quelques pièces plus ou moins spéciales et peut être difficiles à trouver en province.

1 - Condensateurs ITT/PMC
ITT France
38, avenue Henri Barbusse
92 Bagneux - Tel. 253.31.39
(100 pièces mini/valeur)

2 - Condensateurs polystyrène tolérance 1,25%
ITT - rue de la Faisanderie
75 Paris Cedex 16
Tel. 504.45.50 (10 pièces valeurs).

3 - Condensateurs SIC-SAFCO électrochimiques Série CO39 33000 μ F (1 eff à 100 H 16,4 A à 85 ° C).
HOHL & DANNER
Z.I. 67 Muldolsheim

Tel. (89) 20.90.11 (commande à l'unité en passant par l'intermédiaire d'une société).

4 - Résistances carbone VITROHM ASPERLEC

5 bis, Rue Sébastien Gryphe
Lyon 7e Tel. (78) 72.88.65 (commande à l'unité). Ces résistances sont à faibles capacités et inductances parasites.

5 - Résistances agglomérées carbone ALLEN BRADLEY GENERIM BP. 88 - 91403 Orsay
Tel. 907.78.78 ou
ALFADIS Centre Belle Epine
94 Rungis Tel. 686.56.65.

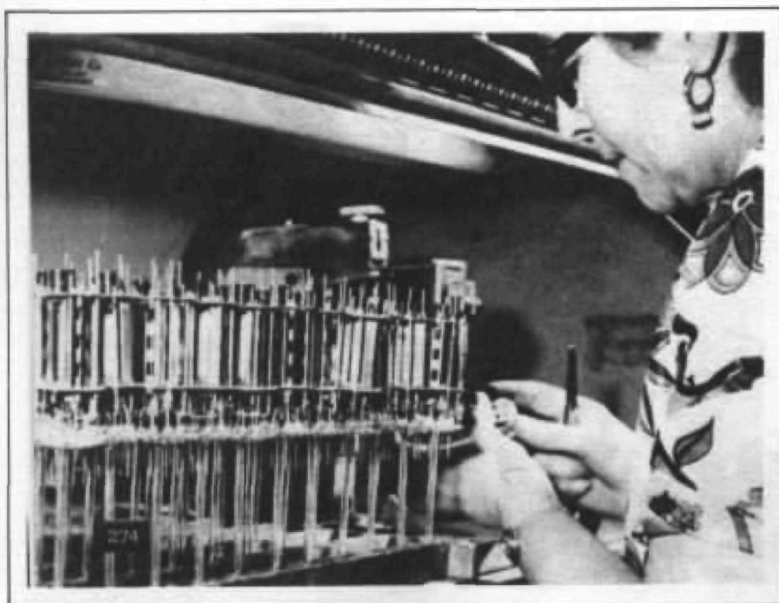
Il est également possible de s'y procurer les potentiomètres carbone Allen-Bradley mais les délais de livraison sont longs (commande mini 150/valeur en résistances).

6 - Commutateurs rotatifs H. CHAMBAUT : contacts argent massif (or massif sur demande)
Mr. VANDRA 37, rue Clisson
75013 Paris Tel. 583.34.67
(vente à l'unité).

7 - Résistances métalliques SOVCOR
SEDRÉ, Rue J. Bourgey
69100 Villeurbanne
Tel. (78) 68.30.96 - Possibilité d'y trouver aussi des ponts de diode de puissance Sescosem.

8 - Transfo et selfs
KV 3, rue Nicolai 69007 Lyon
Tel. (78). 72.27.26
MILLERIOUX est désormais bien connu de nos lecteurs.

9 - Trimmers Spectrol TEKELEC AIRTRONIC
Cité des Bruyères 92 Sèvres
Tel. 027.75.35.



10 - Trimmers SFERNICE
BALTZINGER
131, avenue d'Altlerich
68 Brunstatt Tel. (89) 44.72.41

FEUTRIER
rue des Trois Glorieuses
42270 St Priest en Jarez
Tel.(77) 74.67.33

SANELEC
240, rue du Fg d'Arras
59000 Lille
Tel. (20) 97.93.21.

*Renseignements aimablement
fournis par un lecteur de
l'Audiophile, M. Gérard LEGA
que nous remercions*

Montage d'une série spéciale de tube KT 88 (GEC, 1971)

