

**Audiophile n°9, mars 1979**

# Réalisation de l'amplificateur 300 B Modèle Anzai Zaïka

*Jean Hiraga*

*Dans le numéro sept, nous avons décrit le préamplificateur Anzai SRPP que les lecteurs doivent à présent mieux connaître. Dans le présent numéro, nous pensions en fait décrire soit un amplificateur transistorisé classe A Kanéda de 30 ou 50 Watts. Mais nous avons préféré compléter le circuit préamplificateur SRPP Anzai par l'amplificateur Anzai 300 B.*

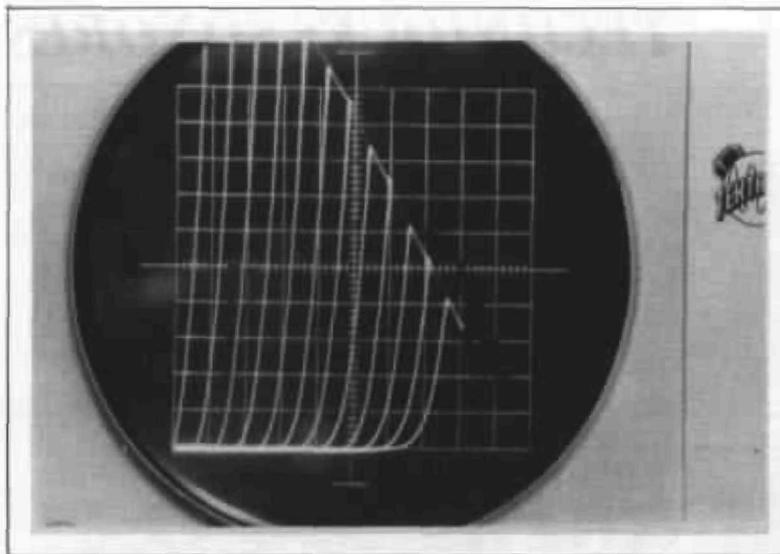
*Dans le numéro 1 nous avons décrit l'amplificateur 300 B utilisé par un fanatique japonais, M. Tanaka. Il s'agit en fait d'un circuit Anzai modifié « à la Tanaka ».*

*Mais il nous a semblé non seulement bon, mais indispensable aux lecteurs de leur faire connaître en détail les raisons et particularités de l'utilisation d'un seul bon tube triode de sortie. Si la vogue renaît pour les amplificateurs à tubes pour usage haute-fidélité utilisant pour la plupart des tubes pentodes tout à fait classiques comme l'EL 34 ou la KT 88, il est toutefois indispensable d'insister sur les qualités exemplaires d'un tube triode à chauffage direct, de grande dissipation anodique et de très bonne linéarité tel que WE 300 B.*

Le tube 300 B est un tube d'origine américaine. Dès que la première triode fut commercialisée (pour usage militaire) par la Western Electric en 1913, la VT1 (ou 203 A), on se pencha aussitôt sur l'étude de triodes plus puissantes. Ainsi naissaient successivement la VT2/205 B, la 10, la 200 A, la UX 00A, la 300 A.

Cette dernière, créée en 1929 est déjà d'une construction proche de la 300 B. Ce tube servit pour l'un des meilleurs amplificateurs de l'époque, le Western Electric 86 A (push-pull de 300 A) qui ne contenait pas moins de cinq selfs de filtrage, des ampèremètres et voltmètres mesurant le courant anodique, la polarisation des

tubes d'entrée et de sortie, et de nombreux « gadgets » très avancés pour l'époque. Après 1930, où naissait déjà le cinéma parlant, la Western Electric pensa aussitôt à l'étude d'un autre amplificateur moins onéreux, de construction universelle, (entrées, impédances, etc...) et de grande fiabilité. C'était



Caractéristiques du tube VT52. Origine Hytron (USA). Echelle :  $U_p$  : 50V/carreau,  $I_p$  : 5mA/carreau, -  $U_g$  : 10V/trace.

l'amplificateur Western Electric WE 91A.

Pour cet amplificateur étudié, cela nécessitait un tube de sortie de grande linéarité, très fiable, de dissipation plaque importante (plus de 30 Watts). Malgré les premiers haut-parleurs de haut rendement à chambre de compression (utilisés dans les théâtres et salles de spectacle) il fallait, vu le rendement voisin de 30 % pour l'étage de sortie, pour obtenir une puissance modulée

de 10 Watts une dissipation plaque d'au moins 35 Watts.

Facile à dire mais bien difficile à réaliser sans nuire à la qualité d'une bonne triode comme la 45 ou la VT 52 aux caractéristiques  $V_p/I_p$  exceptionnellement linéaires\* (voir photo) : surface de plaque plus importante, donc augmentation des capacités inter-électrodes, augmentation du courant grille (qui devrait être nul pour un tube idéal), problè-

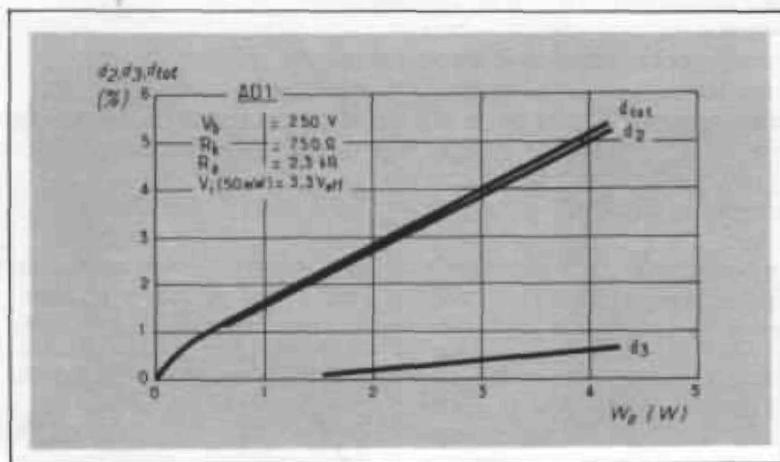


Fig 1 : Rapport des harmoniques dans la distorsion totale pour le tube AD1.

mes de température, de rigidité, de vibrations parasites (effet microphonique provoqué par la grille ou le filament), courant filament important, durée de vie du tube, problèmes d'annulation du ronflement sur chauffage en alternatif (à cause des montages série parallèle parfois utilisés) .

Mais il fallait aussi une bonne qualité de reproduction, et si une bonne pentode de puissance aurait pu suffire (car rendement beaucoup plus élevé), on avait déjà pensé au grave problème du spectre harmonique de distorsion d'un tube pentode par rapport à un tube triode. Prenons l'exemple flagrant du tube allemand AD1 (Philips, Telefunken, Valvo, etc.). La figure 1 montre le rapport des harmoniques dans la distorsion totale, par rapport à la puissance de sortie : l'harmonique 2 prédomine alors que l'harmonique 3 est nettement inférieur en pourcentage. De même, la combinaison de deux triodes donne un spectre de distorsion extrêmement régulier, c'est-à-dire avec chaque harmonique bien « dégradé » avec la fréquence. C'est ce que nous donne l'exemple concret du même tube AD1 combiné au tube d'attaque ABC1 (Fig. 2). Par contre, le tube pentode, quel qu'il soit ne peut offrir qu'un spectre de distorsion proche de la figure 3, c'est-à-dire à la fois irrégulier, avec H3 prédominant au-delà d'une certaine puissance de sortie. Même bien étudié, un amplificateur utilisant un tel tube pentode risque d'être du point de vue musical beaucoup moins fidèle ; Montées en push-pull deux de ces pentodes donneraient sur ce point encore plus de désavantages, vu la suppression de tous les harmoniques de rang pair. Et c'est pour pallier à ces défauts que le tube 300 B fut créé. « Super Triode », toujours considéré comme le « Roi » des triodes, notamment au Japon où l'on s'arrache à prix d'or les

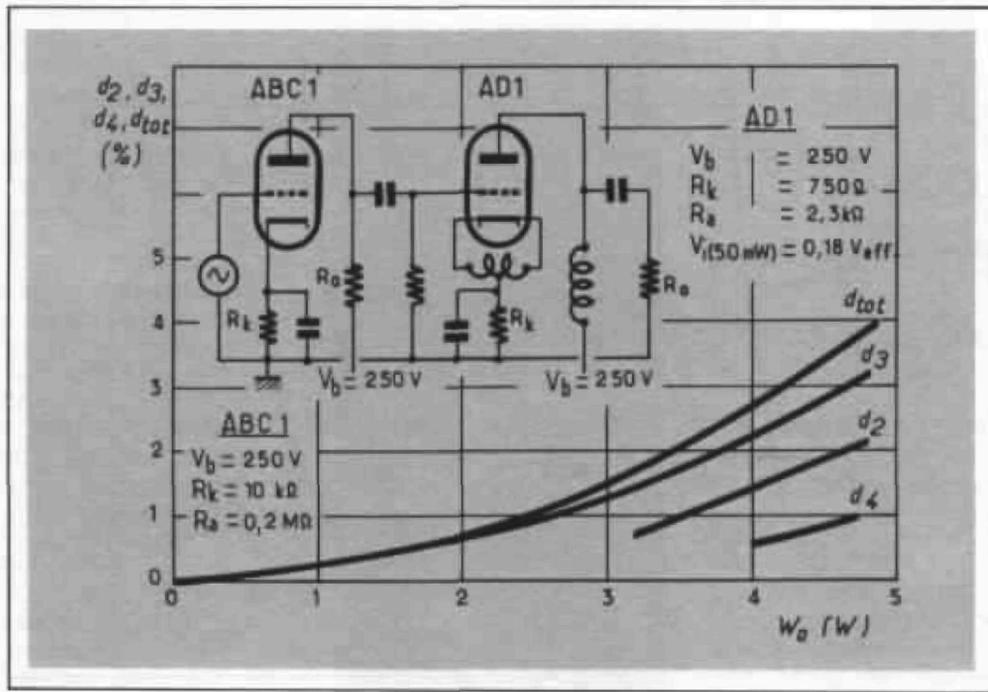


Fig 2 : Combinaison ABC1 + AD1, remarquer le dégradé des harmoniques.

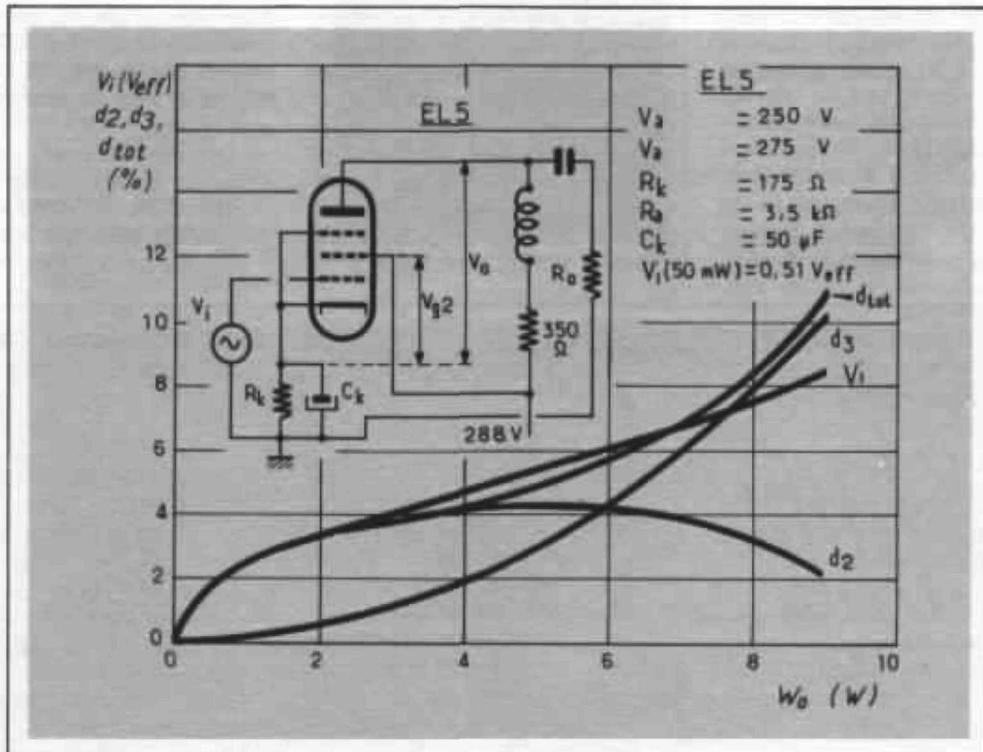


Fig 3 : Cas d'un tube pentode EL 5, le spectre de distortion est irrégulier.

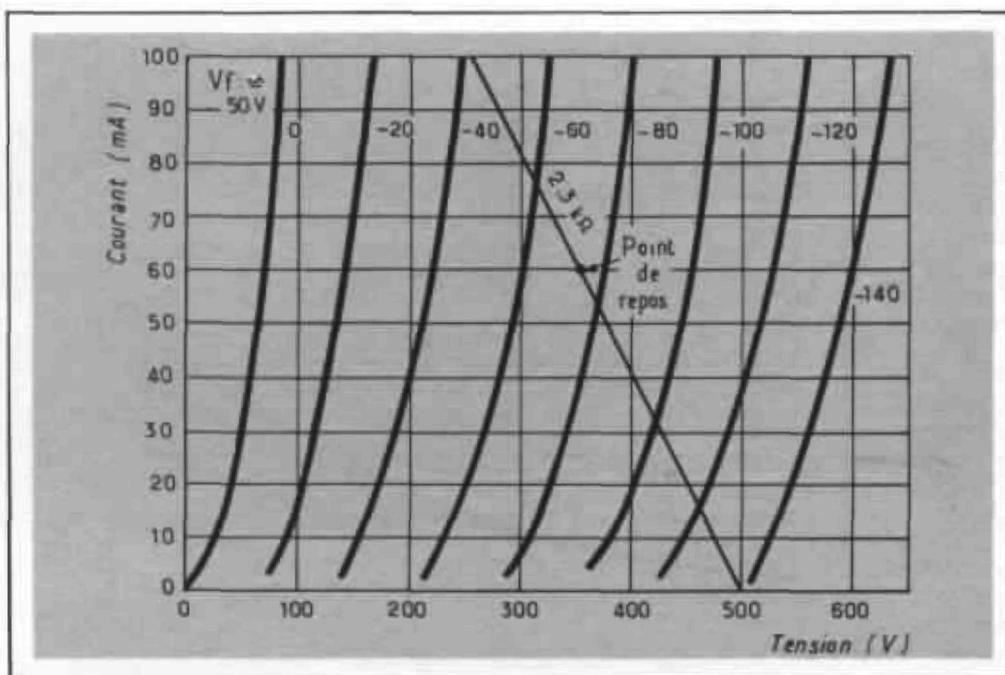


Fig 4 : Caractéristiques  $U_p/I_p$  du tube 300 B. La linéarité est excellente.

meilleures cuvées » de WE 300 B (années 1948 - 1960), il s'agit d'une triode tout à fait exceptionnelle.

**Le Tube 300 B**

De dissipation plaque 40 Watts, il est exceptionnellement robuste (durée de vie donnée

pour 10 000 heures à demi-puissance), aux linéarités des caractéristiques  $U_p/I_p$  extraordinairement bonnes vis-à-vis de la dissipation plaque, (voir figure 4), pouvant donner un maximum de 17,8 W en simple étage, et ayant malgré tout un courant de fuite de grille pratiquement nul (0,2 à 0,5  $\mu$  A.)

Mais concernant la linéarité des caractéristiques (Fig. 4) celles-ci ont été obtenues après avoir surmonté de très nombreux problèmes tels que :

- émission filament (couche émissive, matériaux etc.) ;
- géométrie des électrodes ;
- configuration du bobinage et du pas de la grille.

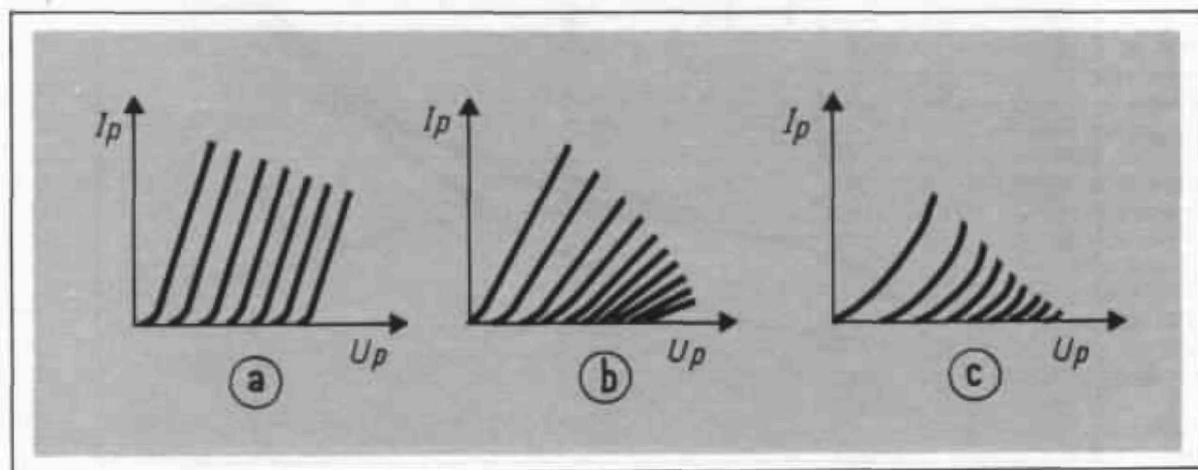


Fig 5 : Influence de la configuration du bobinage sur la linéarité des caractéristiques.

Ce dernier point est le plus intéressant car, s'il est possible avec un bobinage à pas constant d'obtenir, pour une faible dissipation plaque (tube 45, etc.) des caractéristiques ressemblant à celles de la figure 5a, pour une même géométrie de plus grande surface les caractéristiques prennent facilement l'allure de la figure 5b ou 5c. Parmi ces figures, la 5c est la moins favorisée car produit de l'harmonique 3 ou de rang impair. C'est ainsi que les ingénieurs de la Bell System, dans leur brevet d'invention n° 1799850 déposé en 1931 proposèrent pour la 300 B, une grille bobinée d'une façon non constante en deux points, tout comme le montre la figure 6, où la grille, vue de côté, possède quelques spires plus larges et calculées pour redonner au tube une bonne linéarité. Bien que M. Anzai, spécialiste des tubes ait pu refaire le même tube (toujours si recherché dans tous les points du monde), plusieurs autres ayant tenté de refaire le 300B ont échoué sur ce projet, tant du point de vue technique que du point de vue subjectif.

Les caractéristiques du tube 300 B, figure 7 ainsi que le tableau 8 permettent une utilisation aisée entre 200 V et 450 V qui, pour différentes polarisations et charges de sortie donnent une puissance modulée comprise entre 2,6 Watts et 17 Watts.

#### L'amplificateur Anzai Zaïka 300 B

C'est un circuit extrêmement simple où le 300 B est la pièce maîtresse (ainsi que le transformateur de sortie). Le choix de l'impédance de charge optimum n'a cependant pas été basé uniquement que sur des considérations mathématiques. M. Anzai a voulu aussi tenir compte des questions de bobinages des

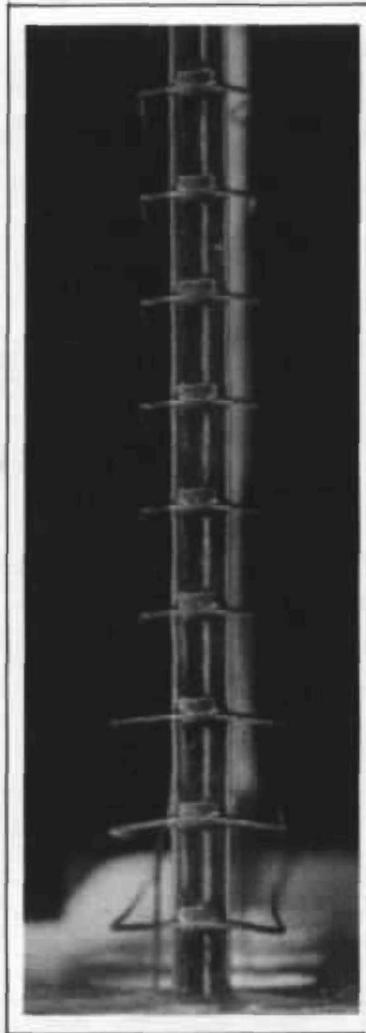


Fig 6 : Grille du tube 300 B, le bobinage n'est pas à pas constant pour améliorer la linéarité des caractéristiques.

transformateurs avec tous les effets annexés de qualité ou de définition subjective. Malgré une charge théoriquement optimum de l'ordre de 3,8 à 4 K $\Omega$ , donnant le meilleur rapport puissance/distorsion, une valeur de 2,3 K $\Omega$  a été utilisée : une impédance plus élevée complique les bobinages primaires secondaires et les divers sandwichages de ceux-ci, augmentant les fuites et désavantageant le facteur de

volume. Par contre, le transformateur de sortie doit être très largement dimensionné. Ce n'est pas par snobisme mais simplement pour ne pas réduire, en fonction de la puissance de sortie, la self primaire qui pourrait faire chuter très rapidement le niveau du grave ; ceci donne 50 watts dont 5 watts utilisés par le tube 300 B.

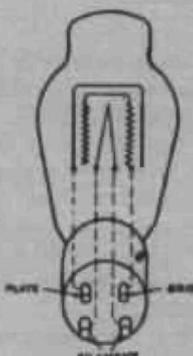
Ce transformateur de sortie à simple étage, à cause du passage du courant continu, comporte un entrefer. Il doit malgré tout avoir une bande passante très large, plus de 100 kHz, pour satisfaire aux conditions de phase. Pour une rotation de 10° à 20 kHz, exigée pour l'obtention d'une bonne stabilité lors de l'application d'une boucle de contre réaction ou encore sur charge complexe, le modèle Zaïka possède une bande passante à -5dB près, comprise entre 6 Hz et 150 kHz, sous un courant de 100 mA (fig. 9). Dans le secteur grave et pour un même circuit magnétique, le fait d'avoir ou de ne pas avoir d'entrefer donne pour un même bobinage un rapport d'inductance pouvant chuter de 200 H (sans entrefer) à seulement 15 ou 18 H (avec entrefer). Avec entrefer, un passage plus important de courant fait encore chuter l'inductance primaire, ce qui explique le grand surdimensionnement de tous les transformateurs de qualités de ce genre, pour lesquels un bon exemple est le fameux transformateur japonais TANGO, réf : FW 150 2 SR, qui bien qu'utilisé sous puissance 6 à 7 Watts maximum peut travailler à 150 watts (40 Hz) sans aucune trace de distorsion ou d'instabilité. Ceci garantit une bonne linéarité dans les basses fréquences, quel que soit la puissance de sortie.

Cet ensemble tube de puissance/transformateur de

**IMPORTANT - READ CAREFULLY**

## Western Electric

### 300B Vacuum Tube



**CLASSIFICATION**

The 300B vacuum tube is an audio-frequency power triode intended for applications where outputs of 10 watts or less are required, and where it is desirable to operate with relatively low plate voltages.

**BASE, SOCKET AND MOUNTING**

This tube employs a standard four-pin thrust type base suitable for use in a Western Electric 143B or similar socket. The base is equipped with a bayonet pin so that the tube may also be used in a Western Electric 100M or similar socket.

It may be mounted in either a vertical or horizontal position although the vertical position is preferable. If mounted in the horizontal position the arrangement should be such that the plane through the legs of the filament is vertical.

**FILAMENT RATING**

|                          |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| Filament voltage         | 5.0 volts, A.C. or D.C. |
| Nominal filament current | 1.2 amperes             |

The filament of this tube is designed to operate on a voltage basis and it should be operated as near the rated voltage as possible.

**OPERATING CONDITIONS**

The tube should be operated at such plate and grid voltages that the plate current does not exceed 100 milliamperes.

Recommended and maximum operating conditions are given in the table below.

|                        | Plate Voltage | Grid Voltage* | Nominal Plate Current Milliamperes |
|------------------------|---------------|---------------|------------------------------------|
| Recommended Conditions | 200           | -33           | 77                                 |
|                        |               | -45           | 20                                 |
|                        | 250           | -36           | 74                                 |
|                        |               | -57           | 22                                 |
|                        | 300           | -60           | 66                                 |
|                        |               | -70           | 23                                 |
| Maximum Conditions     | 400           | -86           | 68                                 |
|                        |               | -98           | 19                                 |
|                        | 450           | -100          | 60                                 |

\* These voltages apply for operation with A.C. on the filament. With D.C. voltage applied to the filament equivalent operating conditions will be obtained with approximately 3.5 volts less grid bias measured from the negative end of the filament.

PATENT PENDING

300B-4 PRINTED IN U.S.A.

Fig 7 : Caractéristiques notice du 300 B.

sortie détermine au moins 80 % des performances de l'amplificateur.

Utilisé sous 350 V de tension plaque, le 300 B travaille ici avec une polarisation de -60 V environ et un courant plaque de 60 à 64 mA dépendant aussi des caractéristiques et des dispersions par rapport aux caractéristiques théoriques.

#### Etage d'entrée

Ce n'est pas, comme supposé, un tube triode, mais un tube pentode, un 6SJ7 qui servira en entrée et attaque du 300 B. Comme on le voit sur la figure 1, le 300 B produisant des harmoniques pairs prédominants, la combinaison de deux triodes très linéaires peut donner un ensemble produisant trop d'harmoniques pairs, agréables à l'écoute mais sans doute moins « hifi ».

Ici, la combinaison 6SJ7/300 B, aux caractéristiques opposées sur ce point de vue, permet de retrouver sur le secondaire du transformateur de sortie un bon équilibre des harmoniques, s'étendant jusqu'aux rangs les plus élevés. Une telle performance n'est que rarement obtenue sur les amplificateurs transistorisés, d'autant plus que cet amplificateur à tube est dépourvu de tout circuit de contre réaction. Le tube 6SJ7 n'est pas en réalité le tube préféré de M. Anzaï, mais c'est le tube américain 310A, qui est par contre difficile à se procurer en France. L'avantage du 310A par rapport au 6SJ7 réside en une meilleure linéarité des courbes de plaque (fig.10), et une meilleure qualité subjective. Mais on peut aussi remplacer le 6SJ7 par une 5693 (série militaire professionnelle)

Subjectivement parlant les principales différences entre les

**TYPICAL OPERATING CONDITIONS.  
AUDIO FREQUENCY.**

**Class A Amplifier.**

| Anode voltage V | Grid voltage V | Anode current mA | Load resistance $\Omega$ | Power output W | Second harmonic db |
|-----------------|----------------|------------------|--------------------------|----------------|--------------------|
| 200             | -42            | 30               | 2000                     | 3.0            | 20                 |
| 200             | -39            | 40               | 2500                     | 2.8            | 26                 |
| 250             | -55            | 30               | 2000                     | 4.9            | 18                 |
| 250             | -52            | 40               | 3000                     | 4.0            | 26                 |
| 250             | -50            | 50               | 2500                     | 4.4            | 26                 |
| 250             | -48            | 60               | 2000                     | 4.7            | 26                 |
| 250             | -46            | 60               | 2700                     | 4.1            | 30                 |
| 250             | -45            | 80               | 1500                     | 5.0            | 26                 |
| 300             | -65            | 40               | 2500                     | 6.7            | 20                 |
| 300             | -63            | 50               | 2000                     | 7.2            | 21                 |
| 300             | -63            | 50               | 3000                     | 6.1            | 26                 |
| 300             | -61            | 60               | 2400                     | 6.6            | 26                 |
| 300             | -58            | 80               | 1700                     | 7.5            | 26                 |
| 350             | -76            | 50               | 3600                     | 7.8            | 26                 |
| 350             | -74            | 60               | 2000                     | 10.2           | 21                 |
| 350             | -74            | 60               | 3000                     | 8.3            | 26                 |
| 350             | -74            | 60               | 4000                     | 7.0            | 30                 |
| 350             | -71            | 80               | 2200                     | 9.6            | 26                 |
| 400             | -91            | 40               | 5000                     | 8.4            | 26                 |
| 400             | -89            | 50               | 3000                     | 11.5           | 21                 |
| 400             | -89            | 50               | 4000                     | 9.4            | 25                 |
| 400             | -87            | 60               | 3500                     | 10.5           | 26                 |
| 400             | -84            | 80               | 2500                     | 12.5           | 25                 |
| *450            | -104           | 40               | 6000                     | 9.5            | 26                 |
| *450            | -102           | 50               | 5000                     | 10.7           | 27                 |
| *450            | -100           | 60               | 4000                     | 12.5           | 26                 |
| *450            | -100           | 60               | 5500                     | 10.1           | 30                 |
| *450            | -97            | 80               | 3000                     | 17.8           | 21                 |
| *450            | -97            | 80               | 3000                     | 14.8           | 26                 |
| *450            | -87            | 80               | 4500                     | 11.5           | 31                 |

\* Maximum operating conditions.

Fig 8 : Conditions d'utilisation.

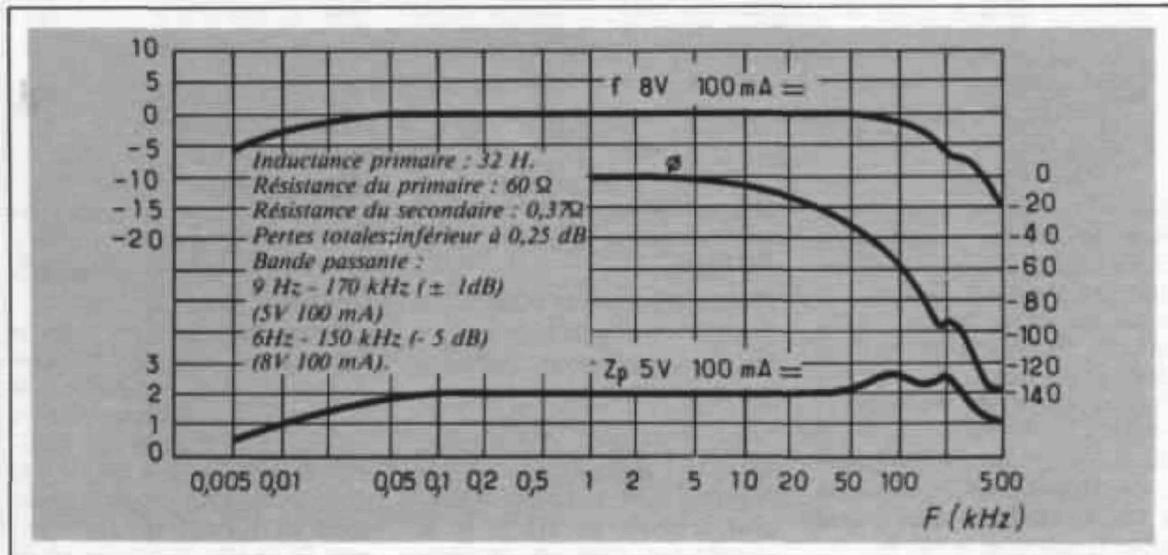


Fig 9 : Transformateur de sortie Zaika - 50 W à 40 Hz.

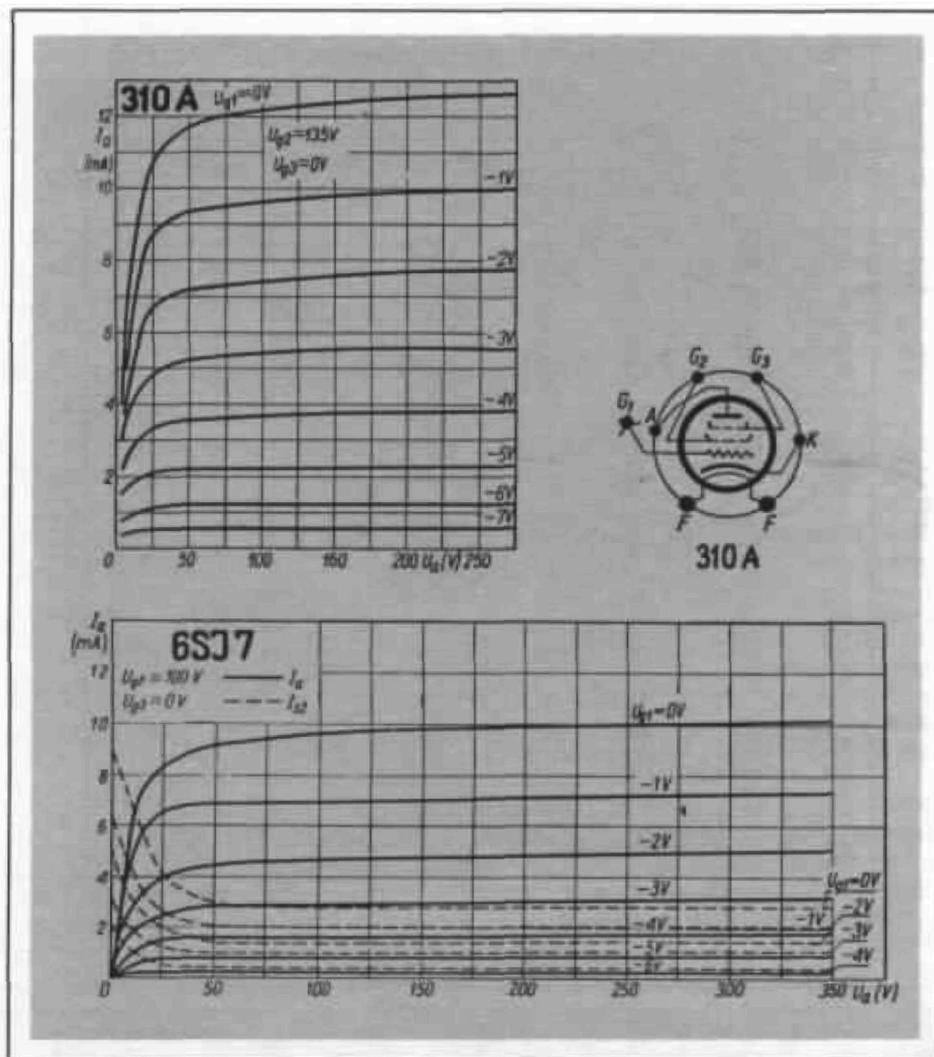


Fig 10 : Différences apportées par le 310 A par rapport au 6SJ7.

tubes 6SJ7, 5693 et 310A sont :

- Son plus dur sur la 5693, comparé à la 6SJ7. Ceci provient certainement d'une question de caractéristique d'émission de la cathode du tube professionnel 5693 qui est donné pour 8000 à 10 000 heures de fonctionnement.
- Légèrement plus de distorsion subjective sur le 6SJ7 comparé à la 310 A. Mais reste une bonne combinaison avec le 300 B.
- Bas médium et médium plus dynamiques et « en avant » sur le

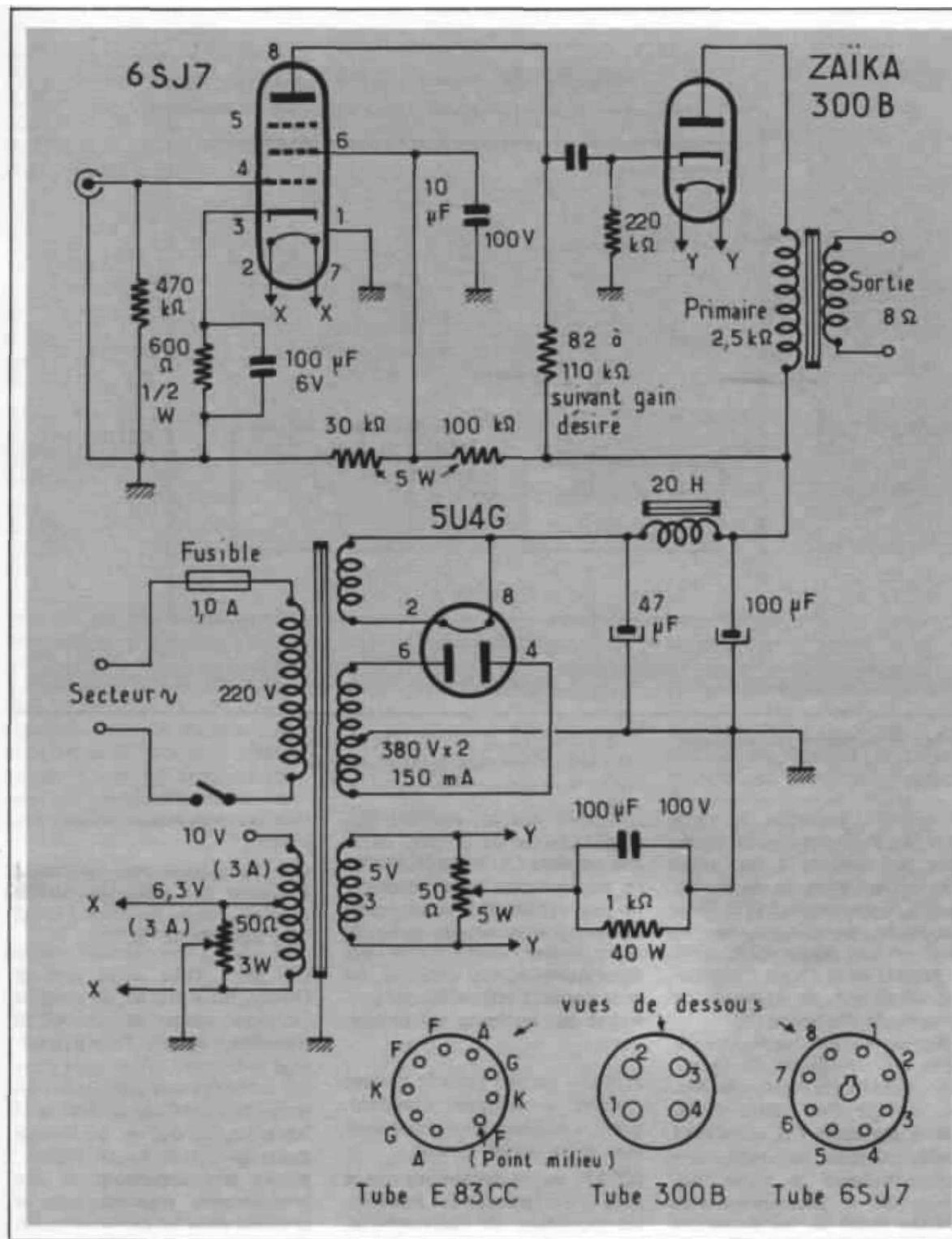
310 A. Noter que le brochage et que les embases de ces tubes sont différents.

- Support 6 broches pour le 310 A (standard américain).
- Support octal américain pour le 310 A.

Suivant les origines des tubes, les différences sont très nettes à l'écoute, pour le 310 A comme pour le 6SJ7. Le 310 A ne se trouve que dans les marques Western Electric et STC (équivalent 4310A), tandis que le 6SJ7

existe dans de nombreuses marques et origines : RCA, GE, Sylvania, Raythéon, Tung-sol, Ken-Rad, etc.

Le schéma, figure II est simple et tout à fait commun. Une valve de redressement est utilisée, car M. Anzai l'a préférée aux diodes silicium, qui, d'après lui, émettent de nombreux « clics » très difficiles à supprimer, même après un filtrage en « pi » soigné. Ici la self de filtrage est de 20 H, valeur importante et efficace.



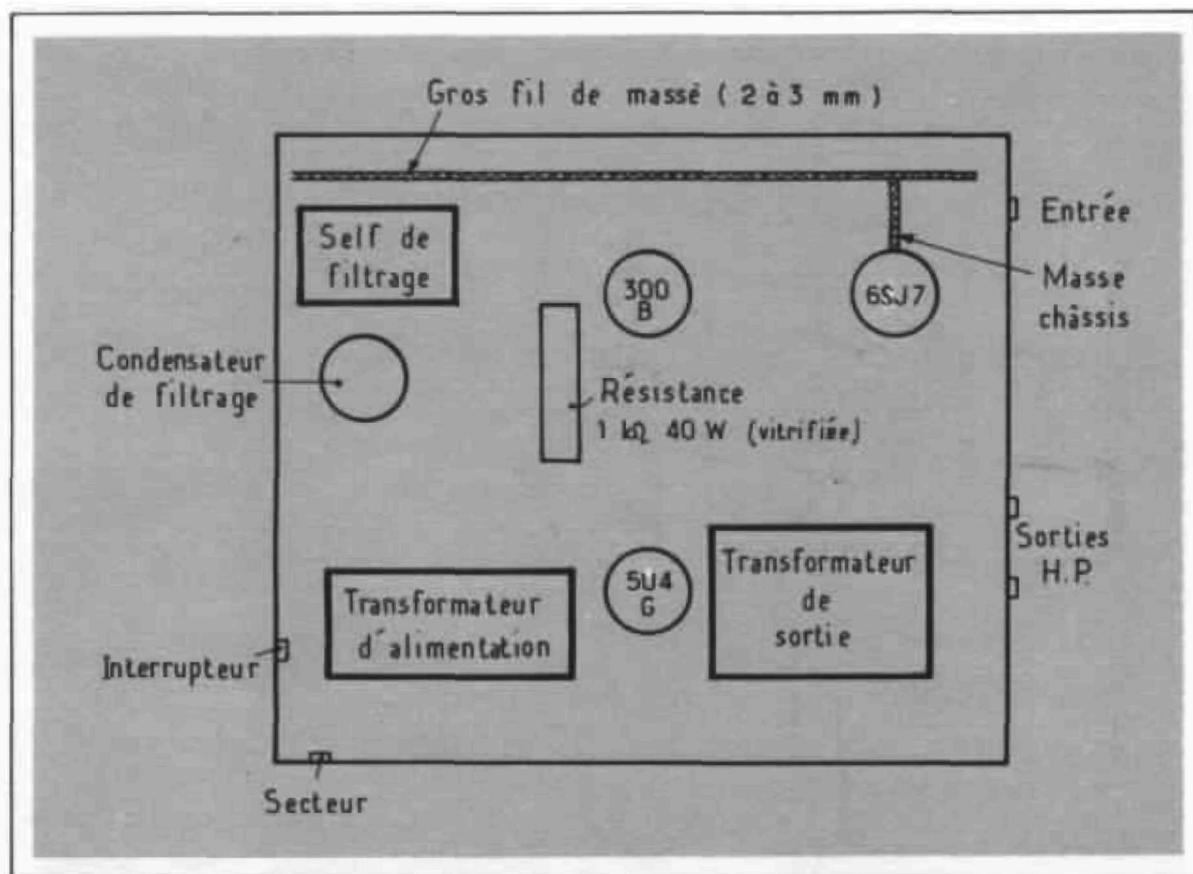


Fig 12 : Implantation sur le châssis.

Retenons l'attention des lecteurs sur l'effet subjectif d'une valve par rapport à une autre valve ou un pont de diodes en silicium. Certaines valves et 99% des diodes au silicium, provoquent un son désagréable, situé en général dans l'aigu : impression de dureté, de «pointe» de «bosse», de distorsion.

Sur cet amplificateur, et malgré la self de filtrage de valeur élevée (20 H), ces effets sont très nets lorsque l'on passe d'une valve à une autre. Cet effet a été oublié, toutefois, les concepteurs d'amplificateurs à tubes des années 30 le connaissait très bien. Du point de vue purement électrique, il faut bien sûr tenir compte des différences existant entre deux redresseurs à vide :

résistance interne, courant filament, surface de plaque, capacité parasite Cf/P. Malgré tout, en compensant les différences, on peut retrouver le son caractéristique à une certaine valve de redressement : même si cela reste théoriquement mal expliqué, on peut décrire l'effet subjectif provoqué par quelques valves connues.

5U4 G : (utilisé dans le présent circuit) : médium excellent, grave « enflé » aigu atténué mais sans autre défaut gênant.

GZ 32 : moins dynamique que la 5U4 G (différences des possibilités maximum de redressement, courant filament, chauffage indirect), mais tube donnant une très bonne qualité de reproduc-

tion avec très peu de défauts sensibles.

GZ 34 : tube plus courant. Reconnu par plusieurs oreilles averties comme inférieur à la GZ 32 : aigu moins fin.

GZ 37 : Tube assez rare en France, mais proche, du point de vue performance au tube AZ 50 (chauffage direct). Tube à chauffage indirect et utilisant de grosses cathodes qui nécessitent un temps de chauffage de plus de 22 secondes, ce qui est en fait un avantage car la haute tension monte très lentement, et non brusquement (comme cela se présente pour les diodes silicium). Aigu plus fin, mais légèrement plus dur que sur la GZ 32 ou la 5U4G. Par contre la faible résis-

tance interne donne un grave plus ferme et plus vrai.

WE 274 B : Tube américain difficile à se procurer en très bon état (état du vide, de l'émission filament). Construction proche du 5U4 G. Du point de vue subjectif, il réunit les avantages des tubes

GZ 32, 5U4 G et GZ 37, cela pratiquement sans leurs défauts.

Ajoutons que du point de vue brochage et support, les tubes WE 274 B, GZ 32, 5U4 G sont identiques, à part le courant filament et le chauffage direct pour les 5U4 G et WE 274 B.

Il est certain que de telles considérations subjectives pourraient faire rire un technicien, mais de très nombreux essais, comparaisons, compensations de caractéristiques, écoutes subjectives sont là pour confirmer l'importance d'une valve dans la conception d'un amplificateur à tube. Ce même cas se retrouve, sur un préamplificateur transistorisé quelque soit l'alimentation - régulée, batteries, accumulateurs en tampon sur de grosses capacités - il est possible de reconnaître à l'écoute la dureté que provoque un pont au silicium, ceci en coupant ou en mettant en circuit ces diodes.

#### Disposition des composants dans le châssis

Il est important d'utiliser des liaisons courtes entre la grille

d'entrée 6SJ7 et la prise Cinch d'entrée. Dans ce cas, un fil non blindé ne peut apporter d'ennuis de ronflement. Par contre, il faut câbler en gros fil et utiliser un fil de masse d'au moins 2 à 3 mm<sup>2</sup> de section.

#### Composants

R<sub>1</sub> : 470 kΩ couche carbone 2 W.

R<sub>2</sub> : 600Ω 2 W film métallique, capuchon et sorties en cuivre.

R<sub>3</sub> : 110 kΩ 3 résistances de 330 kΩ en parallèle.

R<sub>4</sub> : 220 kΩ film métallique 1W (genre identique à R<sub>2</sub>)

R<sub>5</sub> : 30 kΩ 3 W (si possible plusieurs résistances à couches de carbone en parallèle).

R<sub>6</sub> : 100 kΩ 5W : carbone aggloméré.

R<sub>7</sub> : 1 kΩ 30W : vitrifiée ou encore (préférable) cimentées anti-selfiques.

C<sub>1</sub> : 100 μF 6 V tantale polarisé.

C<sub>2</sub> : 10 μF 100V mylar non polarisé.

C<sub>3</sub> : 0,22 μF 400 V ITT/PMC Polycarbonate.

C<sub>4</sub>-C<sub>5</sub> : 2 x 47 μF 500 V Electrochimique.

C<sub>6</sub> : 100 μF 100 V. Electrochimique. A remplacer si possible par 5 x 10 μF 200V mylar non polarisé + 50 μF 100V Electrochimique.

#### Caractéristiques :

- Bande passante : 20 - 20000 Hz - 3 dB

- Taux de distorsion : 0,2% à 0,6 W.

- Taux de distorsion : 1 % à 5 W

- Facteur d'amortissement : 1

- Sensibilité d'entrée : 0,6 V pour 5 W de sortie.

#### Ecoute

Bien qu'excellent et très agréable à l'écoute il peut aisément être modifié dans un style Hiraga/Tanaka, comme ce sera décrit dans le prochain numéro, en plus de l'amplificateur classe A 20W si attendu par de nombreux lecteurs.

Mais soyons exacts : un bon amplificateur à tubes, même de faible puissance, bien étudié, calculé, utilisant de bons composants auparavant « écoutés » un par un, peut, grâce à quelques « figinages » surpasser de nombreux appareils transistorisés de prix élevé ou même de très bonne réputation. Un tel amplificateur ne peut cependant convenir qu'à une enceinte de bon rendement. Il convient par contre *parfaitement* en médium-aigu, là où seront ressentis tous les avantages d'un tube triode de la plus haute qualité existante. Ne serait-ce pas, pour ce genre d'utilisation une approche plus sûre et rapide vers un très grand degré de fidélité plutôt que d'essayer un push-pull de pentodes, qui bien que bon, ne pourra que très difficilement dépasser en qualité sonore (et non en puissance de sortie) un amplificateur mono-triode bien étudié.

