

L'AUDIOPHILE



6^e ANNÉE. N°38. PRINTEMPS 1986. 43 F

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

Journées de la Haute-Fidélité 86

Le système Onken 4 voies Le moteur TAD 2001 Enceinte "Voix du Théâtre" Amplificateurs monotriodes

Jean Hiraga

Que de choses à dire à propos des démonstrations des Réalisations de L'Audiophile qui se sont déroulées dans le cadre des Journées de la Haute-Fidélité, du 15 au 17 mars derniers : système Onken 4 voies présenté pour la première fois en Europe, enceintes Altec «Voix du Théâtre», écoute d'amplificateurs à tubes monotriodes, chambres de compression TAD 2001 et pavillons en bois sablé Ledauphin, nouveau caisson grave Onken «W». Que de matériels qui n'ont pas manqué d'attirer beaucoup de monde au cours de ces trois journées bien courtes mais bien remplies. Les lecteurs trouveront ci-après de plus amples informations sur tout ce qu'ils désirent savoir et qu'ils ont souvent osé demander.

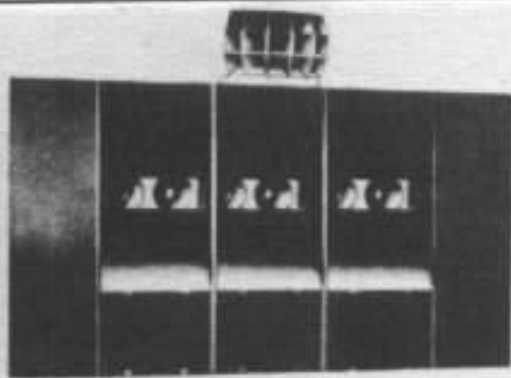
Voix du théâtre

Historique et description

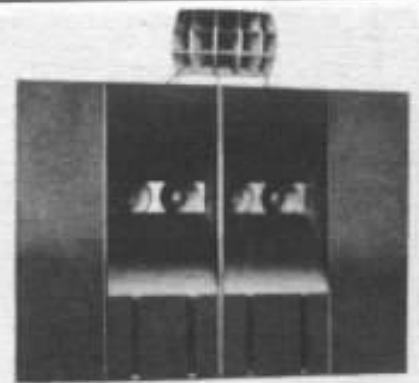
Contrairement à une opinion généralement admise, l'enceinte A7 n'est ni la seule, ni la plus grande de la série Altec connue sous le nom de «La Voix du Théâtre». C'est en fait la plus «petite» version «Voix du Théâtre» qui vient prendre la seconde place après la A8 dans une gamme de 10 enceintes portant le

même nom et dont le plus grand modèle porte pour référence «Voix du Théâtre A1X». Le tableau de la figure 1 présente cette gamme. Les versions A1X et A1, A2X et A2, A4X et A4 sont conçues à partir du caisson grave 210 utilisant deux haut-parleurs 515B chargés frontalement par un pavillon et dorsalement par un accord de type bass-réflex. Ce système avait été créé en 1945 par Altec Lansing Inc-

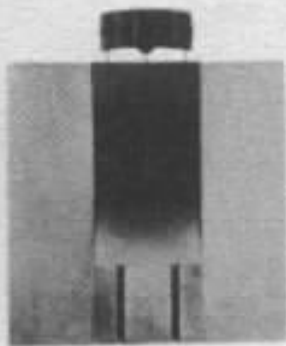
pour équiper les plus grandes salles de spectacles américaines : Théâtre du Cinérama d'Hollywood, Théâtre de l'Ambassador à New-York, Cinémland d'Anaheim en Californie (ville où se trouve l'usine Altec), Théâtre Lakewood Center de Californie, sans compter les très nombreux night-clubs de Las Vegas et d'ailleurs, contenant parfois plus de 1500 spectateurs. En 1950, Altec devenait ainsi le pre-



A1X and A1



A2X and A2



A4X and A4



A5X



A7-8 and A7-500-8



A8

STANDARD "VOICE OF THE THEATRE" COMPONENT CHART

Model	Amplifier Power (Watts)	Distribution V ^a H ^a	L.F. Drivers	H.F. Drivers	H.F. Horn	Throat	Network	L.F. Cabinet	Overall Size - Inches			Approx. Shipping Wt. Lbs.
									H	W	D	
A1X	200	60 x 125 60 x 105 40 x 100	(6) 515B	(4) 288C	1804B or 1504B or 1004B	(2) 30170 (2) 30170 (2) 30170	N500C	610	113 x 152 x 39% 113 x 152 x 39% 105 x 152 x 39%	1530 1500 1475		
A1	100	60 x 105 40 x 100	(6) 515B	(2) 288C	1505B or 1005B	(1) 30172 (1) 30170	N500C	610	108% x 152 x 39% 102% x 152 x 39%	1410 1390		
A2X	150	60 x 105 40 x 100	(4) 515B	(4) 288C	1504B or 1004B	(2) 30170 (2) 30170	N500C	410	113 x 113 x 39% 105 x 113 x 39%	1400 1334		
A2	80	60 x 105 40 x 100	(4) 515B	(2) 288C	1505B or 1005B	(1) 30172 (1) 30170	N500C	410	108% x 113 x 39% 102% x 113 x 39%	1263 1250		
A4X	60	60 x 105 40 x 100	(2) 515B	(2) 288C	1505B or 1005B	(1) 30172 (1) 30170	N500C	210	108% x 80% x 39% 102% x 80% x 39%	788 775		
A4	40	60 x 105 40 x 100 40 x 80	(2) 515B	(1) 288C	1505B or 1005B or 805B	(1) 30166 (1) 30210 (1) 30162	N500C	210	108% x 80% x 39% 102% x 80% x 39% 102% x 80% x 39%	763 750 745		
A5X	35	60 x 105 40 x 100 40 x 80	(1) 515B	(1) 288C	1505B or 1005B or 805B	(1) 30166 (1) 30210 (1) 30162	N500C	825B	64 x 30% x 30 59 x 30 x 27 59 x 30 x 27	393 280 275		
A7-8	50	40 x 90	(1) 416-8A	(1) 807-8A	811B	None	N801-8A	825B	52% x 30 x 24	154		
A7-500-8	50	40 x 90	(1) 416-8A	(1) 808-8A	511B	None	N501-8A	825B	54% x 30 x 24	160		
A8	30	60 x 90	(1) 416A	(1) 806A	30623	None	N800D	39624	42 x 30 x 12	112		

Fig. 1 : Gamme Voix du Théâtre Altec, s'étendant entre la version A1 et la version A8.

mier système de sonorisation agréé par l'Académie américaine du cinéma. Standard d'ailleurs pleinement mérité par une firme qui, sous le nom de Western Electric présentait pour la première fois au monde au cours des années 20, le film parlant intitulé «The jazz singer».

Conçue essentiellement pour les sonorisations professionnelles de haute qualité, la gamme «La Voix du Théâtre» présentait de nombreux avantages : rendement acoustique très élevé, faible taux de distorsion, linéarité, large bande passante particulièrement étendue dans le bas du spectre sonore, faible directivité, niveau acoustique maximal très élevé, fidélité et réalisme de la restitution des sons et de la musique.

Le tableau de la figure 1 montre que les versions A1, A2 et A4 utilisent le même caisson grave, de référence 210. Trois caissons sont placés côte à côte sur la A1, le triple caisson prenant la référence 610. Sur la A2, deux caissons sont utilisés, et prennent la référence 410. Sur la A4, un seul caisson 210 est employé. A propos de la version A4, qui mesure pourtant 2,76 m de haut sur 2,05 m de large et 1 m de profondeur pour un poids total de 346 kgs, les catalogues Altec de l'époque indiquent qu'il s'agit d'un «petit modèle» qui est conseillé lorsqu'il se pose «des problèmes d'encombrement». A côté de ces «monstres», de dimensions pourtant raisonnables vis-à-vis des buts à atteindre, il est vrai que la «Voix du Théâtre» A7 paraît bien petite : 1,50 m de haut, pavillon de médium-aigu compris, 76 cm de large et 61 cm de profondeur.

Pour beaucoup d'entre nous, l'enceinte «La Voix du Théâtre» est surtout la version A7 et ses dérivés A7-8, A7-8E, A7/500, A5 et A5X. Des milliers d'amateurs japonais l'utilisent, malgré l'exiguïté de leurs pièces d'écoute, ceci en raison de ses

nombreuses qualités de rendement, de dynamique, de pouvoir analytique. Grâce à son haut-parleur grave, le fameux 416-8A, à sa chambre de compression (802-8D, 808-8A ou 902-8B) accompagnée de son pavillon sectoriel 511 B, son rendement atteint 103 dB/m/W. Ce qui est exceptionnel. Dérivée de l'enceinte Western Electric 825, cette dernière ne variant par rapport à la 825 Altec que par la forme des événements, «La Voix du Théâtre» A7-500 est aussi une enceinte réputée pour être l'une des plus difficiles à «bien driver». La figure 2 montre l'aspect de la courbe de réponse niveau/fréquence. La fréquence de coupure grave est de 60 Hz, à 3 dB près, les «ailes» (828 G Wings), formant avec la face avant de l'enceinte une surface totale de 1,32 m × 1,06 m, abaissant la coupure basse à 49 Hz, le rendement moyen étant effectivement légèrement supérieur à 100 dB. On remarque l'excellente linéarité entre 60 Hz et 80 Hz, mis à part une petite résonance placée à environ 210 Hz, laquelle pourra d'ailleurs être facilement éliminée grâce à des petites modifications. Quant à la caractéristique d'impédance en fonction de la fréquence, que l'on trouvera sur la figure 3, elle met en évidence un désaccord volontaire de la charge bass-réflex. La première résonance, située vers 16,2 Hz produit un relevé de l'impédance qui passe de 8Ω (valeur moyenne) à 68Ω. La seconde résonance se situe à 57 Hz (17Ω). On note également un léger accident vers 170 Hz, provoqué par la suspension périphérique et également par des phénomènes d'ondes stationnaires entre le haut-parleur et la paroi dorsale.

Dans l'ensemble, les résultats de mesure sont très bons. On aurait présagé de la part d'une enceinte aussi ancienne pour sonorisation des performances nettement moins poussées.

Dans le contexte d'une utilisation en haute fidélité, La Voix du Théâtre A7-500 doit cependant subir quelques modifications et améliorations. L'enceinte d'origine, réalisée en sapin canadien de 16 mm d'épaisseur manque de rigidité, ceci malgré la présence d'une vingtaine de tasseaux de renforcement, ces derniers manquant eux-mêmes de rigidité. Les parties courbées du pavillon frontal ont une épaisseur de seulement 10 mm.

Sur l'enceinte d'origine (la plupart de celles que l'on peut trouver en Asie ou en Europe étant construites sur place), il suffit de frapper les parois de l'enceinte pour mettre en évidence un manque très net de rigidité. L'enceinte utilisant par ailleurs peu d'absorbant interne, on peut s'attendre à des problèmes de coloration, de résonances ou de linéarité. En réalité, les expériences montrent que, selon les amplificateurs utilisés, ces défauts peuvent disparaître, ou du moins donner cette impression. C'est le cas de la plupart des amplificateurs à tubes pour lesquels le désavantage apparent du facteur d'amortissement plutôt faible est largement compensé par une aptitude à répartir la puissance non pas sur une plage d'impédance étroite (c'est le cas de presque tous les amplificateurs transistorisés), mais sur une bande beaucoup plus large. Il en résulte une excellente adaptation (puissance et amortissement en fonction de la fréquence), de même qu'avec les amplificateurs à tubes O.T.L. (plage d'adaptation optimale comprise en général entre 10 et 60Ω) ou bien encore avec les deux versions 20 W Classe A et Le Classe A, qui ont la particularité de ne pas laisser leur puissance décroître rapidement au-dessus de 8Ω et croître rapidement en deça de cette même valeur. Les amplificateurs Kanéda sont également très appréciés dans une association

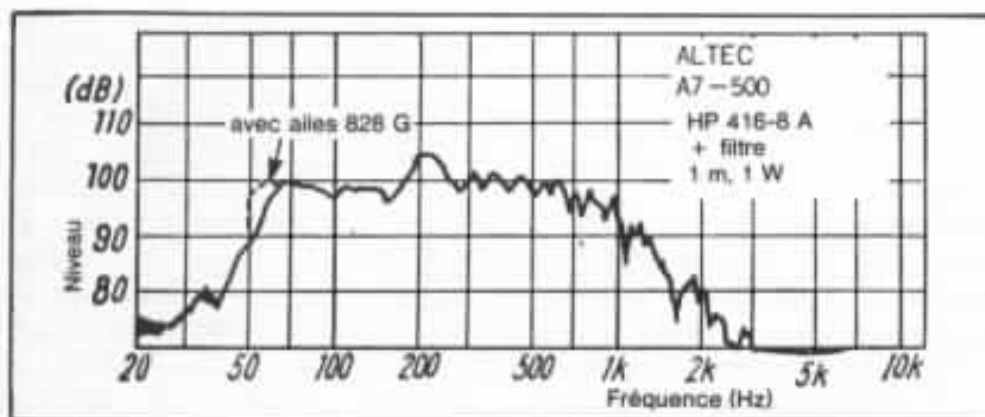


Fig. 2 : Courbe de réponse niveau/fréquence de l'enceinte Altec 825 « Voix du Théâtre » (enceinte grave seule). Le rendement moyen est de 100 dB. Mise à part la petite résonance située à 200 Hz, la linéarité est remarquable.

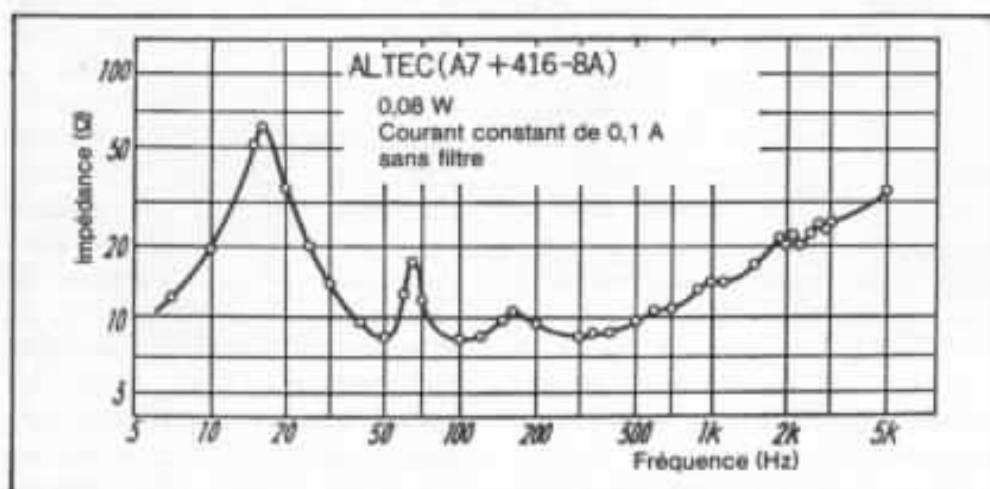


Fig. 3 : Caractéristique d'impédance de l'enceinte Altec 828 « Voix du Théâtre ». Remarquer le désaccord volontaire de la charge bass-reflex.

avec La Voix du Théâtre (ainsi qu'avec le fameux caisson grave Onken) en apportant la nette sensation de supprimer des effets de coloration ou de traînage, en rendant les attaques plus fermes, mieux tenues, ceci avec l'ampleur et la sensation d'espace des bons amplificateurs à tubes.

Au Japon, quelques fanatiques de hi-fi et de la Voix du Théâtre ont réussi à faire fonctionner celle-ci de façon tout à fait étonnante, ceci sans aucune modification d'aucune sorte. Il n'en reste pas moins vrai que les résultats se trouvent nettement améliorés grâce à quelques modifications :

- Rigidification et amortissement de toutes les parois de l'enceinte : tasseaux, paroi dorsale doublée, tasseau latéral derrière l'évent, tasseau placé sous

le haut-parleur et prenant appui sur la paroi dorsale.

- Feutre 1 cm d'épaisseur) sur toutes les parois internes.

- Mastic mou sur les parties courbes du pavillon (accessibles en ouvrant le dos supérieur de l'enceinte).

- Mise en place d'une couronne de 8 mm de hauteur entre le haut-parleur et le petit baffle de fixation, de façon à éviter le contact du pourtour de la membrane avec le baffle lors de grandes excursions de celle-ci.

- Mise en place d'un rideau de feutre de faible épaisseur (5 mm) et peu tassé, suspendu à mi-profondeur, parallèlement à la face avant et fixé sous le plan incliné du pavillon.

- Réduction de la surface de l'évent (F_1 passant à 47Ω au lieu de 68Ω).

- Remplacement du câble de liai-

son H.P./bornes de sortie par un modèle de plus forte section, genre Lucas.

- Remplacement du filtre passif, de la voie médium par des modèles plus performants. Addition d'un tweeter.

D'autre part, la réalisation artisanale de cette enceinte ne présente que peu de difficultés. A ce propos, il serait intéressant de prendre connaissance des résultats obtenus à partir d'une enceinte identique à la Voix du Théâtre 825 (cette référence étant celle du caisson grave), mais réalisée entièrement en parois en bois sablé. On pourra également concevoir des parois en Nantex de 25 mm d'épaisseur. Les parties courbes du pavillon ont un rayon de 787 mm. Si l'on désire réaliser cette paroi courbée dans un contreplaqué d'épaisseur totale 20 à 25 mm, la méthode consistant à réaliser de nombreuses rainures parallèles (figure 4) n'est pas très pratique, bien qu'appliquée sur certains pavillons en bois. Une autre méthode consiste à réaliser une série de pièces en bois (7 à 8 pièces de contreplaqué de 25 à 30 mm d'épaisseur, soigneusement découpées) que l'on monte ensuite sur des tasseaux de fixation (figure 5). Le gabarit convexe ainsi obtenu, de rayon de courbure 762 mm (pour une paroi courbe de 25 mm d'épaisseur) permettra de contre-coller successivement 2, 3, 4 et 5 feuilles de contreplaqué de 5 mm d'épaisseur. On peut perfectionner la méthode en réalisant un gabarit concave (rayon de courbure de 787 mm), les deux gabarits permettant de presser et de contre-coller en une seule fois 5 feuilles de contreplaqué de 5 mm d'épaisseur. La méthode du collage feuille par feuille reste cependant très pratique étant donné qu'une faible pression suffit pour coller chaque feuille. Noter que l'on peut réaliser en une seule fois une paroi courbée d'un mètre de long et découper

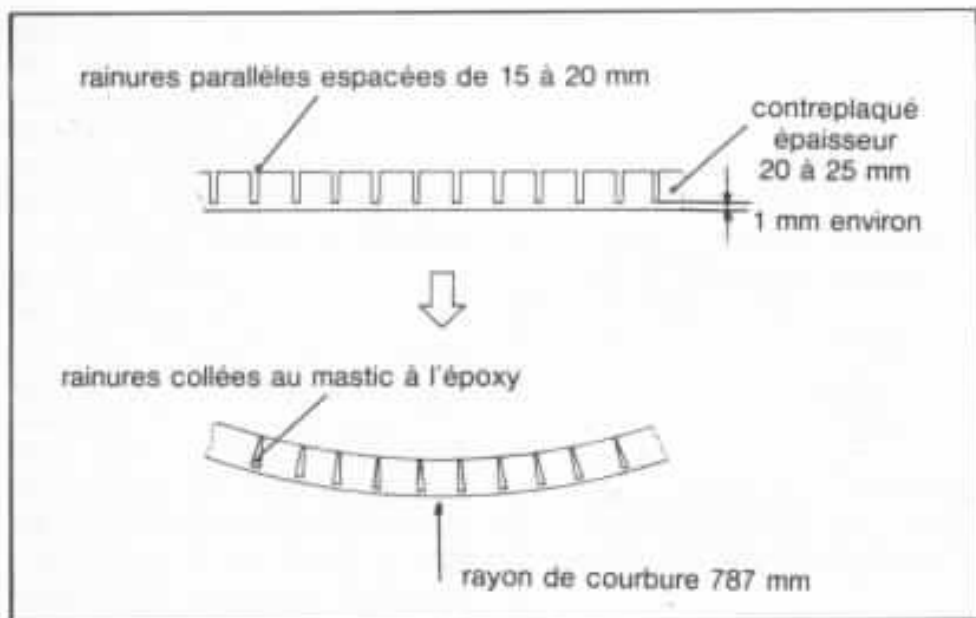


Fig. 4 : Réalisation d'une paroi courbée avec la méthode des rainures parallèles et du collage de celles-ci après pliage et maintien dans un gabarit procurant le rayon de courbure choisi.

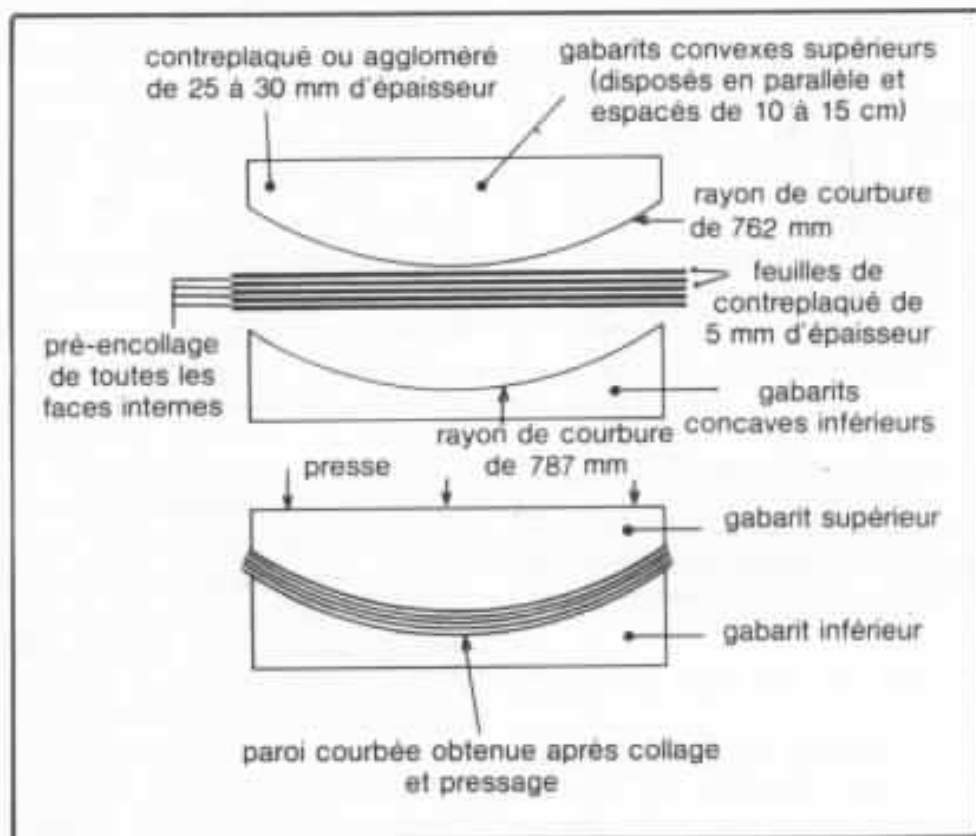


Fig. 5 : Mise en forme d'une paroi courbée à partir de feuilles de contreplaqué de 5 mm d'épaisseur pressées entre des gabarits.

ensuite celle-ci en deux parties. La découpe à angle droit de la partie supérieure (partie haute du pavillon) est facile, de même que le tracé. Pour la partie inférieure (plan incliné), le report du tracé sur la partie convexe est plus délicat. Il faut utiliser un plan rigide sur laquelle on fera

glisser un tasseau long, rectiligne et rigide au bout duquel se trouvera une pointe traçante placée sur le même plan. Après mise à l'équerre de la partie courbe, on pourra effectuer le tracé permettant la découpe.

Une autre méthode consiste à effectuer la première découpe

supérieure (à angle droit), à rectifier au besoin la découpe (à angle droit) frontale (partie frontale du pavillon), à effectuer la découpe (toujours à angle droit) du côté haut-parleur (gorge du pavillon). On reporte ensuite à partir du haut les deux côtés (figure 6) 498 mm pour la partie avant et 406 mm pour la partie arrière. Une bande de contreplaqué de 5 mm d'épaisseur appliquée contre la paroi convexe entre ces deux repères permettra de tracer la ligne de coupe inférieure. Sans ces petites précautions, on risque de s'attendre à des surprises désagréables.

Amélioration de la voie de médium-aigu de «La Voix du Théâtre». Tad 2001 : Pavillon Le Dauphin.

Sur la version d'origine, l'association du pavillon sectoriel 511 B et de la chambre de compression 802-8D procure une courbe de réponse semblable à celle de la figure 7. Plusieurs remarques sont à faire à son sujet. Les points positifs sont le rendement élevé (103 dB/m/W en moyenne) et une courbe de réponse «utile» s'étendant entre 600 Hz et 10 kHz. Les points négatifs sont les suivants. Pour une application en haute fidélité, on note en premier lieu une réponse limitée à 10 kHz, ce qui rend nécessaire l'adjonction d'un tweeter. On remarque ensuite une chute rapide de niveau au-dessous de 700 Hz. La fréquence de coupure étant à l'origine de 500 Hz, la présence d'un creux de 5 à 6 dB dans cette zone est prévisible. Ensuite, on constate deux petites résonances situées à 1 kHz et à 2,7 kHz. A cela on doit ajouter des résonances de pavillon importantes, décelées par un accéléromètre placé à différents endroits sur les parois métalliques du pavillon, et localisables principalement entre 800 et 4000 Hz. Les mesures de distorsion harmonique

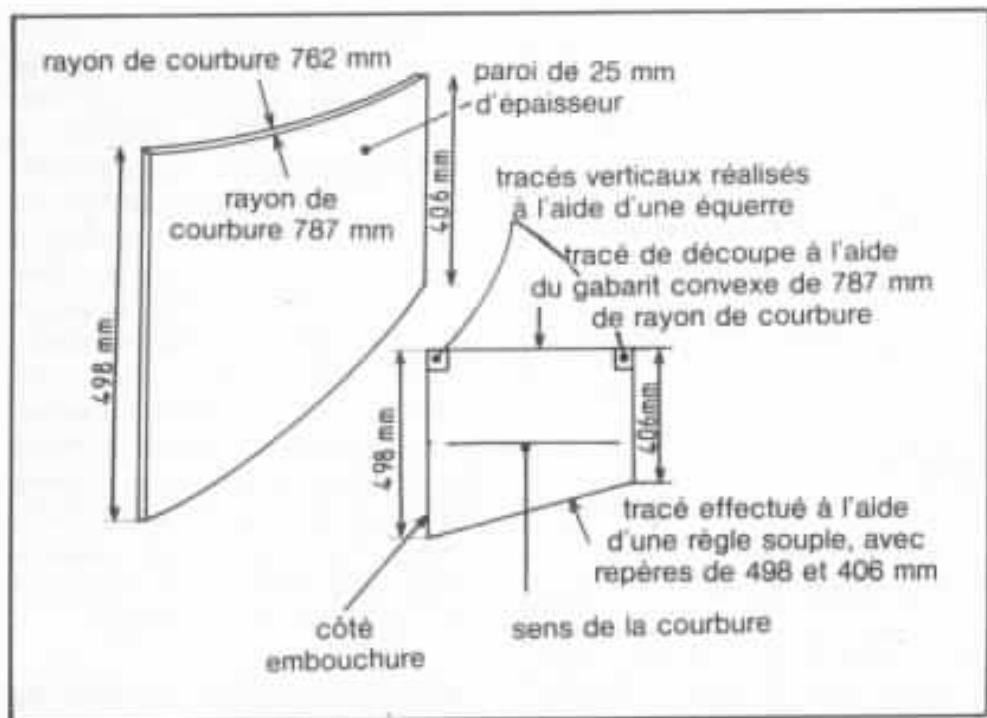


Fig. 6 : Découpe de la paroi courbe (pavillon) de l'enceinte Altec 828, après une réalisation selon la figure 5.

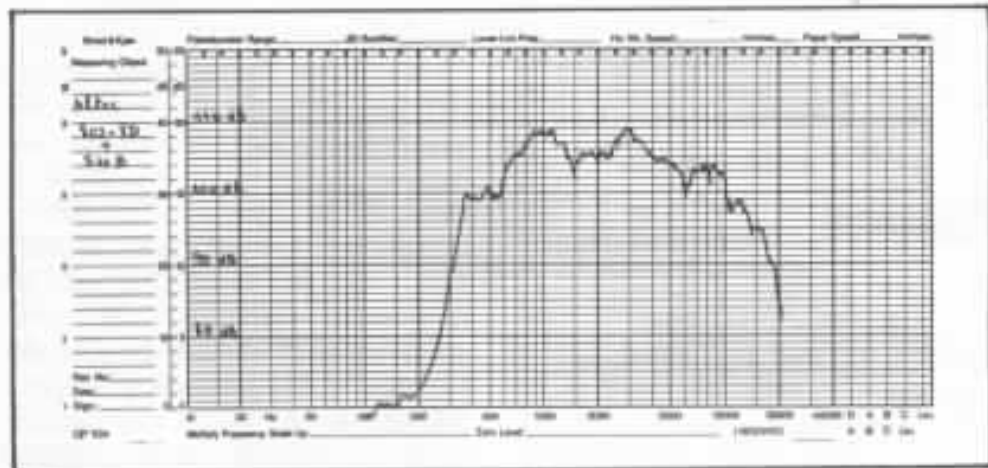


Fig. 7 : Courbe de réponse niveau/fréquence de la chambre de compression Altec 802-8D associée au pavillon sectoriel 511B. Le rendement moyen est de 103 dB/m/W.

permettent de constater une augmentation très rapide de la distorsion ($H_2 + H_3$) au-dessous de 700 Hz. C'est d'ailleurs le cas de beaucoup d'autres chambres de compression qui gagneraient à être utilisées non pas à partir de 500 Hz mais à partir de 700 à 800 Hz : Altec 288-16 G, JBL 2420, JBL 2421.

Si le remplacement de l'ensemble Altec 802-8D + pavillon 511 B par le moteur TAD 2001 + pavillon en bois sablé Le Dauphin apporte des améliorations spectaculaires, apportons quelques détails supplémentaires

concernant son utilisation optimale.

En premier lieu, il faut savoir que chez Pioneer, il existait avant 1978 une gamme de chambre de compression pour application hi-fi. La version 1 pouce P-D50 présentait un très bon rapport qualité prix et le haut de gamme «Exclusive» était représenté par les versions ED-911 et ED 915. On trouvera en figure 8 l'aspect de la courbe de réponse de la version ED-911 qui utilisait un aimant ferrite et une membrane en duralumin. Le pavillon associé, le EH-321L (bois latté

taillé dans la masse) offrait une excellente caractéristique de directivité, la fréquence de coupure basse de l'ensemble étant de l'ordre de 450 Hz. On remarque l'étendue de la bande passante dans l'aigu (près de 19 kHz) et la bonne linéarité générale, mis à part le petit rehaussement de niveau entre 700 Hz et 1,3 kHz.

Performances poussées si l'on tient compte du prix pratiqué au Japon à l'époque (environ 1400 F) et aussi du fait que la membrane était en duralumin (et non en titane ou en béryllium). Signalons cependant, que la zone 8 kHz - 19 kHz était empreinte d'une coloration à tendance métallique gênante et impossible à traiter, ceci même en utilisant un filtrage actif avec coupure à 7 kHz avec pente d'atténuation de 18 dB/octave. Les ingénieurs Kinoshita et Takahashi, conscients de ce problème réalisèrent donc une version haut de gamme. On reprenait les éléments de calcul et d'optimisation de la chambre de compression ED-911 (calculés en partie par ordinateur). La suspension tangentielle était remplacée par une suspension rapportée en mylar, et en forme de demi-tube et la bobine mobile prenait un diamètre légèrement plus grand, soit 4,8 cm. Comme par un hasard extraordinaire, Kinoshita retrouvait d'ailleurs des chiffres de taux de compression, de diamètre, de masse optimale très proche de ceux qui avaient été déterminés 50 ans plus tôt par Wentz et Thurax, les ingénieurs américains qui concurent la première chambre de compression «hi-fi», de référence 555 W. La membrane du ED-915 devenait du béryllium, ceci grâce au savoir faire dans ce domaine, notamment de celui du dôme de médium en béryllium (de référence CS 955), ce dernier faisant partie d'une enceinte trois voies destinée à concurrencer la Yamaha NS 1000. Sur le moteur

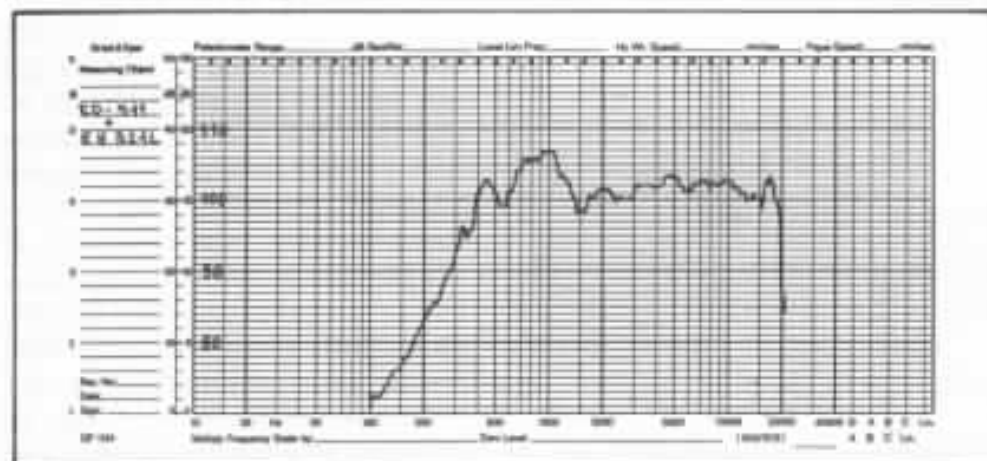
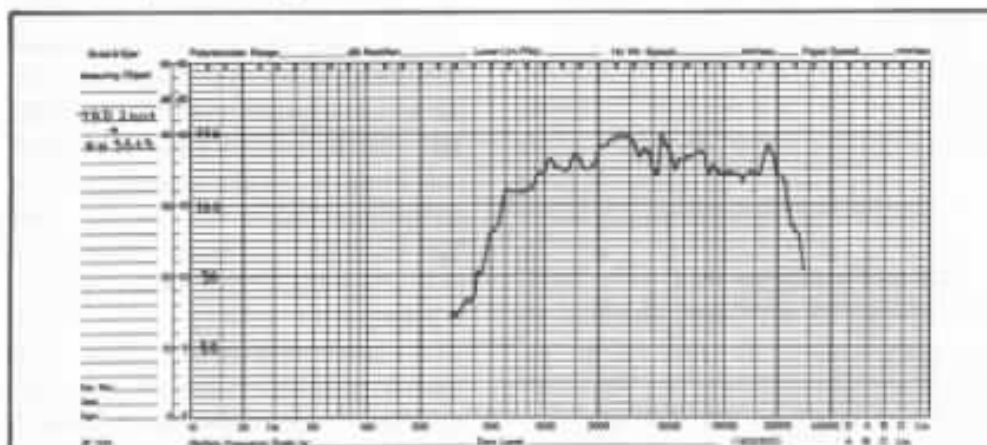
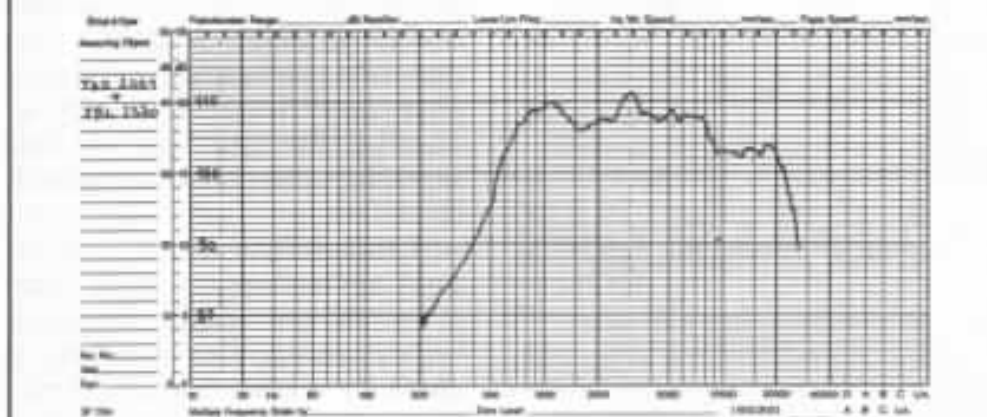


Fig. 8 : Courbe de réponse niveau/fréquence de la chambre de compression Pioneer Exclusive ED-911 associée au pavillon EH-321L. Le rendement moyen est de 103 dB/m/W. La réponse s'étend jusqu'à 18 kHz. La linéarité est très bonne, exceptée une résonance située entre 800 Hz et 1,4 kHz (selon mesure à 0, 30 ou 45°).



TAD 2001 + pavillon Pioneer Exclusive EH 351S. Noter la chute de niveau au-dessous de 900 Hz ainsi que la résonance à 18 kHz.



TAD 2001 + pavillon JBL 2370. Noter le bon rendement (108 dB env.) entre 800 et 8 000 Hz. Remarquer la chute de niveau au-dessus de 8 kHz et au-dessous de 700 Hz. (Voir également page suivante).

Fig. 9 : Courbes de réponse obtenues avec la chambre de compression 1'' TAD 2001 associée à 6 pavillons différents dont la version française Le Dauphin.

ED-915, on optait pour une courbe de réponse niveau/fréquence un peu plus atténuée dans l'aigu, au-dessus de

8 kHz, ceci par rapport à la version ED-911, ceci de façon à assurer un bon couplage subjectif avec le tweeter. Le préfixe ED

(Exclusive Driver) attribué à ce moteur l'intégrait au haut de gamme Pioneer «Exclusive», lequel n'a malheureusement jamais été importé en France.

En 1980, Pioneer créait une division internationale pour le son professionnel baptisée TAD. Du même coup la chambre de compression ED-915 à vocation haut de gamme «Grand Public» se trouvait rebaptisée sous la référence professionnelle TD 2001. Une version 2 pouces allait bientôt compléter la gamme, c'était la chambre de compression TD 4001.

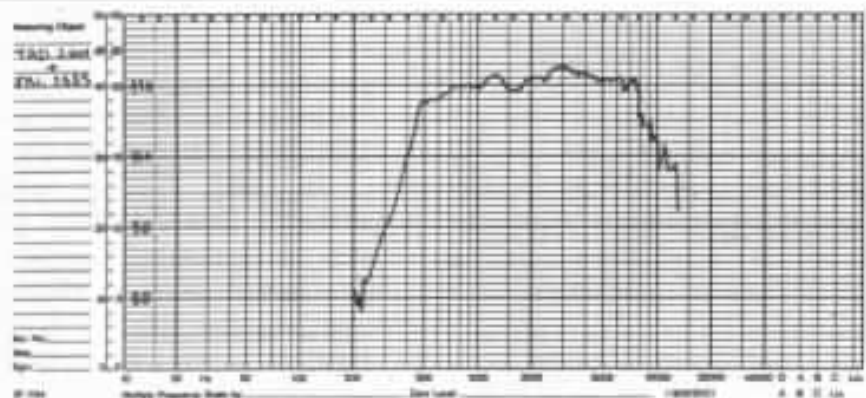
Rappelons les caractéristiques du TAD TD 2001, celles données par le constructeur :

- Impédance nominale : 8Ω,
- Bande passante utile : 500 Hz à 22 kHz,
- Diamètre de bobine mobile : 48 mm,
- Puissance admissible : 40 watts, (coupure basse 800 Hz, att. 12 dB/oct.), régime musical.
- Induction dans l'entrefer : 1,8 T (18000 gauss),
- Flux total : 68 500 maxwells,
- Rendement : 109 dB/W/m. (pavillon radial de 90°),
- Dimensions 141 mm (d) × 107 mm (p),
- Poids : 6,4 Kg.

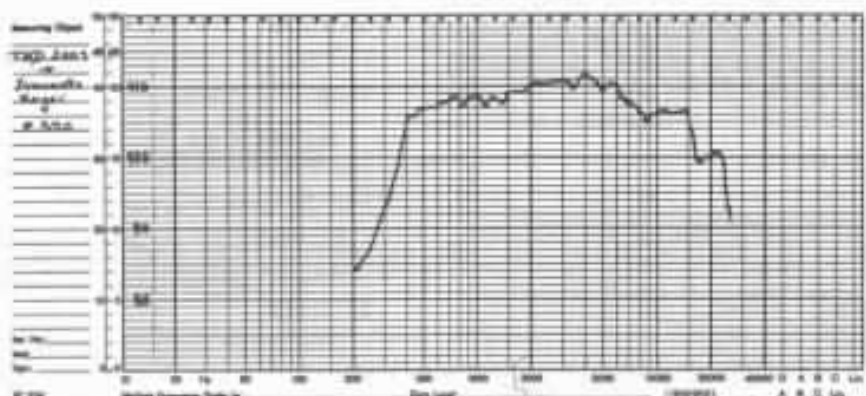
Les tolérances de fabrication particulièrement serrées de ce moteur assurent des performances variant très peu d'un modèle à un autre (dans la même référence), ce qui n'est pas toujours le cas des chambres de compression de diverses origines.

Examinons à présent l'aspect de la courbe de réponse obtenue lors de l'association de la chambre de compression TAD TD 2001 avec six types de pavillons. Ces courbes sont données sur la figure 9. Plusieurs remarques sont à faire à ce sujet.

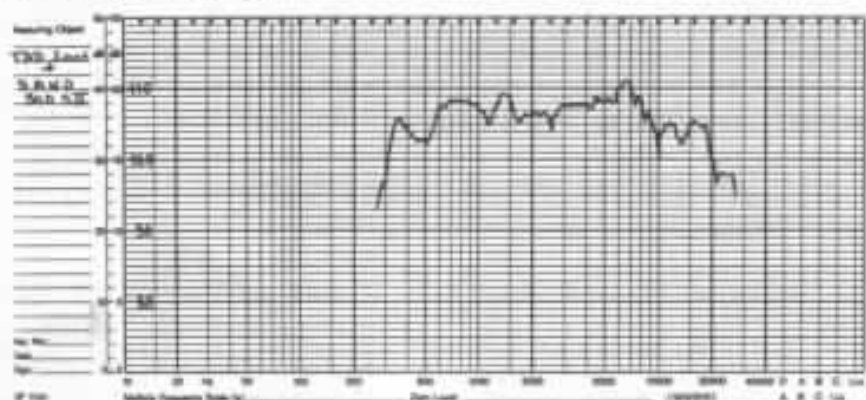
- Les pavillons courts réduisent la chute de niveau au-dessus de 8 kHz, mais réhaussent (ce qui est évident) la fréquence de coupure basse. Avec le pavillon



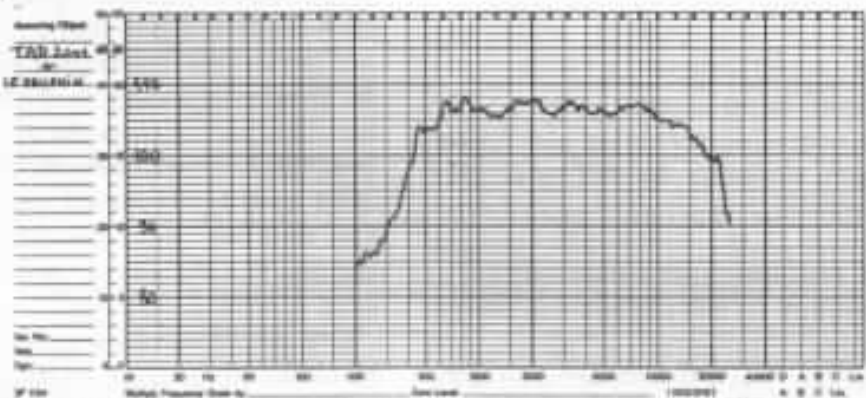
TAD 2001 + JBL 2385. Remarquer le rendement remarquable (110 dB env.) et l'excellente linéarité entre 600 Hz et 8 kHz.



TAD 2001 + pavillon Yamamoto Kogei (réalisation artisanale) F 350. Noter l'excellente linéarité, la courbe légèrement montante ainsi que la chute de niveau au-dessus de 7 kHz.



TAD 2001 + pavillon Sano 500 SII. Noter l'étendue de la réponse jusqu'à 350 Hz, malgré les petites non-linéarités et la chute de niveau au-dessus de 8 kHz.



TAD 2001 + pavillon Le Dauphin. La linéarité est exceptionnelle. Au-dessus de 8 kHz, la chute de niveau est régulière, sans accidents. La réponse s'étend jusqu'à 500 Hz.

Fig. 9 : Suite.

Exclusive EH 351 S la chute de niveau au-dessous de 600 Hz est très rapide. Le pavillon court et réalisé en bois plein et dur contribue à éviter la chute de niveau au-dessus de 8 kHz. On remarque cependant une résonance à 18kHz, qui provient de la chambre de compression mais qui est en quelque sorte «suramplifiée» par des phénomènes d'ondes stationnaires près de la gorge et aussi par la présence du bois dur et très réfléchissant. Malgré la masse élevée du pavillon, on ne peut éviter des résonances (noter la présence de nombreux petits accidents sur la courbe de réponse), ceci en raison de l'utilisation d'un matériau trop dense dans lequel les vibrations parasites vont stagner. Avec le pavillon JBL 2370, encore plus court (18 cm de profondeur seulement), la coupure basse apparaît dès 700 Hz. Ce qui rend obligatoire une coupure située entre 900 et 1,2 kHz.

Avec le pavillon JBL 2385 (+adaptateur 1 pouce), la fréquence de coupure basse passe à 500 Hz. Au-dessus de 10 kHz et contrairement à ce que l'on aurait pu imaginer, on s'aperçoit que le pavillon en métal moulé, malgré sa faible longueur produit une atténuation de niveau plus importante entre 10 et 20 kHz. Ce que l'on ne doit cependant pas considérer comme un défaut.

— Les pavillons de type sectoriel ou à diffraction et en bois sablé procurent une courbe d'une très belle linéarité, sans accident, la chute de niveau dans l'aigu restant par contre assez marquée (-10 dB à 20 kHz par rapport au niveau moyen mesuré à 1 kHz). C'est effectivement le cas du pavillon sectoriel à diffraction (angle d'ouverture latérale 125°) de référence Yamamoto Kogei F 350 qui, associé au TD 2001 procure une courbe extrêmement régulière entre 500 Hz et 8 kHz. Au-dessus de cette fréquence, la réponse «en paliers» favorise

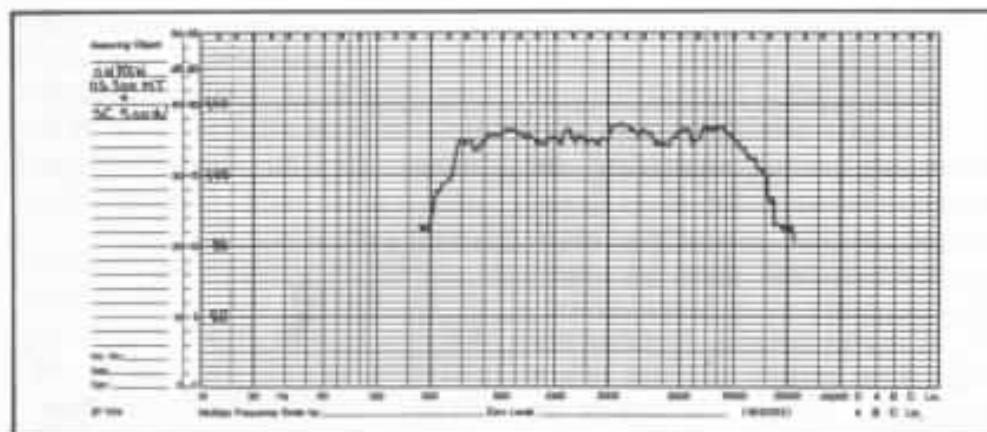


Fig. 10 : Courbe de réponse niveau/fréquence de la chambre de compression Onken OS 500 MT associée au pavillon Onken SC 500 W. Remarquer l'excellente linéarité et la fréquence de coupure basse située à 300 Hz (au lieu de 500 Hz en moyenne sur la majorité des autres systèmes). Au dessus de 9 kHz, la chute de niveau est régulière mais s'atténue un peu plus rapidement que sur l'ensemble TAD + Le Dauphin.

l'adaptation avec le tweeter dans une configuration trois voies. A titre de comparaison, la figure 10 représente la courbe de réponse niveau/fréquence de la chambre de compression Onken OS-500 MT (version 1981) associée au pavillon sectoriel Onken SC 500 Wood en bois sablé. On constate que, par rapport à la courbe de réponse niveau/fréquence du moteur mesuré sans pavillon (courbe s'étendant, à 2,5 dB près, entre 2 kHz et 14 kHz), le pavillon en bois sablé produit une atténuation sensible, mais sans accident, à partir de 10 kHz. Un point fort de cet ensemble reste la valeur de la coupure basse, située vers 300 Hz, obtenue malgré un pavillon relativement court. Par rapport au TD 2001, cet écart est dû principalement à une fréquence de résonance plus basse. Comme on le constate, il existe en fait très peu d'associations moteur + pavillon pour lesquelles la coupure du filtre est idéale, c'est-à-dire placée à une fréquence 1,5 à 2 fois supérieure à celle de la coupure naturelle de l'ensemble. En vue de l'obtention de bons résultats d'écoute, sans problème de coloration ou de limitation de puissance admissible dans la bande 600 - 800 Hz, la chambre de compression devrait avoir une fréquence de résonance basse

principale située entre 180 et 200 Hz, le pavillon devant avoir une coupure naturelle située vers 250 Hz. Parmi le choix relativement important des chambres de compression et des pavillons disponibles sur le marché de la haute fidélité et de l'électroacoustique professionnelle, deux très bons exemples sont le moteur Onken OS 500 MT (ou le OM 455) et son pavillon SC 500 W ainsi que l'ensemble TAD (moteur TD 2001) + pavillon sectoriel Ledauphin. Il n'y a donc rien d'étonnant que l'on se montre particulièrement satisfait des résultats obtenus à partir de ces deux réalisations.

Parlons à présent des qualités et particularités subjectives de la Voix du Théâtre, dans sa version d'origine et dans sa version modifiée.

Dans la version d'origine, le filtrage est assuré par le filtre passif de référence N 501 - 8A, la coupure étant située à 500 Hz avec pente d'atténuation 12 dB/octave. Un atténuateur continuellement variable (sans plots) assure le réglage de niveau dans une plage de 20 dB. Sur la version d'origine écoutée dans un petit local d'écoute (30 à 35 m²), on s'aperçoit que la position «normal» de l'atténuateur procure un équilibre subjectif particulier, le médium donnant

l'impression d'être assez en avant par rapport au registre grave. C'est un type d'équilibre sonore que l'on ne manque pas de retrouver sur plusieurs enceintes de monitoring, de studio ou bien encore destinées à la sonorisation professionnelle. En rehaussant «en forme de plateau» le niveau du registre médium-aigu, on défavorise certes l'équilibre tonal mais on augmente le pouvoir d'analyse sonore, ce qui est intéressant lors d'opérations de mixage ou de monitoring, grâce à cet «effet de loupe». C'est le cas notamment de l'enceinte JBL 4350 sur laquelle il est nécessaire de réduire le niveau du médium-aigu pour retrouver une écoute plus équilibrée et plus «hi-fi». Dans le cadre d'une écoute domestique hi-fi, on est donc contraint de réduire le niveau du médium-aigu de 4 à 5 dB par rapport au niveau «normal».

Sur la version d'origine «La Voix du Théâtre», dans un petit local d'écoute, on ressent subjectivement deux bosses, l'une située vers 70 Hz, l'autre aux alentours de 200 Hz, cette dernière étant décelable aux mesures. Dans le cadre d'une comparaison simultanée avec l'enceinte Onken classique (le niveau du médium et de l'aigu étant ajustés en conséquence), la Voix du Théâtre pourrait se définir comme suit :

- L'extrême grave descend moins bas.
- Le rendement moyen est légèrement supérieur.
- Le haut grave est plus présent (bosse à 200 Hz) et plus riche.
- En deux ou en trois voies, les réglages de niveau entre les voies sont plus faciles.
- Les résonances citées ci-dessus, le pavillon, les parois plus rigides, la faible quantité d'absorbant interne rendent le son plus coloré, moins neutre, mais néanmoins riche en informations. Comparativement,

l'enceinte Onken paraît plus neutre, un peu plus «mate». Un défaut provenant de l'acoustique du local peut devenir beaucoup plus gênant que dans le cas de la Voix du Théâtre dont les propres défauts, pourtant plus marqués, s'avèrent moins gênants et «plus faciles à oublier». Lorsque les deux enceintes se trouvent dans des conditions d'écoute optimales, les préférences, sur le plan fidélité et neutralité devraient aller à l'enceinte Onken, la Voix du Théâtre, malgré ses défauts de linéarité ou de coloration restant très satisfaisante sur le plan musical. Pour tout type d'enceinte, le test le plus difficile est très certainement celui de l'écoute d'une seule enceinte. Malgré ses non linéarités La Voix du Théâtre procure de très bons résultats lorsqu'écoutée seule, avec sa voix médium aiguë. Il faut cependant avouer qu'elle présente l'avantage d'une surface émissive importante (pavillon + évent + pavillon de médium aigu) et aussi d'un volume qui atteint pratiquement 500 litres (pavillon compris).

C'est également ce même test, à partir d'une seule enceinte et en monaural qui procure des différences très importantes entre les amplificateurs. Comme cité plus haut, l'amplificateur à tubes s'adapte en général très bien à la Voix du Théâtre, ceci malgré un facteur d'amortissement faible, grâce à une bonne adaptation puissance/impédance.

Un faible facteur d'amortissement tend à rendre le son plus ouvert, plus ample que sur un amplificateur (transistorisé ou non) dont le facteur d'amortissement est plus élevé (son plus tendu, plus ferme). Couplée à des amplificateurs mono-triode de haute qualité, le défaut, pourtant marqué du manque d'amortissement (le taux de C.R. étant nul ou très faible) est très largement compensé par un pouvoir analytique très poussé et une restitution remarquable de la dyna-

mique. Le côté en général plus «mat», plus «tassé», «moins chantant» de l'amplificateur transistorisé semble en fait plus provenir d'un manque de richesse harmonique et de dynamique plutôt que d'un excès d'amortissement dans les registres de grave et de bas-médium. En d'autres termes, le désavantage d'un certain «laisser aller» (trainage, lenteur du temps de montée) sur l'amplificateur à tubes est très largement compensé par une restitution très dynamique et très riche en détails, ce qui rend effectivement l'écoute plus naturelle et plus satisfaisante sur le plan musical. Il reste cependant curieux de constater, expériences à l'appui, que malgré des haut-parleurs identiques dans les deux cas (haut-parleur Altec 416-8 A ou B), l'enceinte Onken s'accommode assez mal d'un amplificateur à tubes de faible puissance offrant un faible facteur d'amortissement : sensation de lourdeur, d'effet physiologique. Du côté mesures, l'enceinte Onken surclasse La Voix du Théâtre pour ce qui concerne le taux de distorsion harmonique, ce principalement au-dessous de 100 Hz.

Evolution des enceintes graves Onken

Le système Onken, depuis son stade artisanal et expérimental des années 65 jusqu'aux réalisations actuelles a subi les plus grandes transformations du côté des caissons graves. Il y a aujourd'hui 16 ans, en 1970, Onken était déjà en possession de ses chambres de compression OS 500 MT à membrane en titane (ce qui était un cas unique au monde à l'époque), de ses tweeters OS 5000T et aussi de ses chambres de compression OS 100 TL (dont dérivent les 255 Esprit construites plus tard). En 1968, le pavillon Onken MS 200 W existait déjà sous forme de prototype et en 1970 le japo-

nais Tamaru était le premier passionné à s'équiper en 4 voies actives (pavillons graves encastrés dans le plafond avec 2x4 H.P. Altec 515 B, bas-médium, médium et aigu Onken) selon l'idée préconisée par Onken.

Avant la création du pavillon multicellulaire (15 cellules) MS 200 W, Onken avait conçu un pavillon coudé de 1,89 m de long, d'embouchure rectangulaire de grandes dimensions (122 x 81,7 cm) dont la fréquence de coupure était de 96 Hz. Ce pavillon est représenté schématiquement sur la figure 11. C'est dans le but d'améliorer la définition sonore, la caractéristique de directivité que fut conçu plus tard le pavillon MS 200 W (en bois sablé). Quant au SC 500 Wood, pavillon de médium pour les moteurs OS 500 MT et OM 455 Esprit, celui-ci dérive de deux modèles plus longs, aux fréquences de coupures plus basses qui sont le MS 300 et le MS 400. Le MS 300 était une version multicellulaire à 8 cellules (embouchure de chacune des cellules 20 x 20 cm et de 2 x 2 cm à la gorge). Le MS 400 était proche du SC 500 W, mais un peu plus long. Ces deux pavillons pouvaient être respectivement utilisés jusqu'à 300 et 400 Hz. Dans la version actuelle SC 500 W, Onken a recherché une longueur minimale, une très bonne caractéristique de directivité sur le plan horizontal et une fréquence de coupure aussi basse que possible (350 Hz), assurant des excellents résultats en choisissant 600 Hz pour fréquence de coupure basse. De son côté, le tweeter OS 5000 T subissait plusieurs modifications tout en conservant la même référence : remplacement de la membrane en duralumin de 18 µm d'épaisseur par du titane de 7 µm d'épaisseur, essais sur des membranes en zirconium, en béryllium, réductions successives de la longueur du pavillon.

Bien que l'enceinte Onken tra-

L (cm)	l (mm)	h (mm)
0	44	44
10	55	45
20	68	46
30	72	48
40	86	57
50	101	67
60	121	81
70	144	91
80	173	115
90	206	137
100	246	164
110	294	196
120	352	235
130	422	281
140	503	336
150	602	402
160	720	480
170	862	575
180	1030	687
189	1226	817

L = longueur
l = largeur
h = hauteur

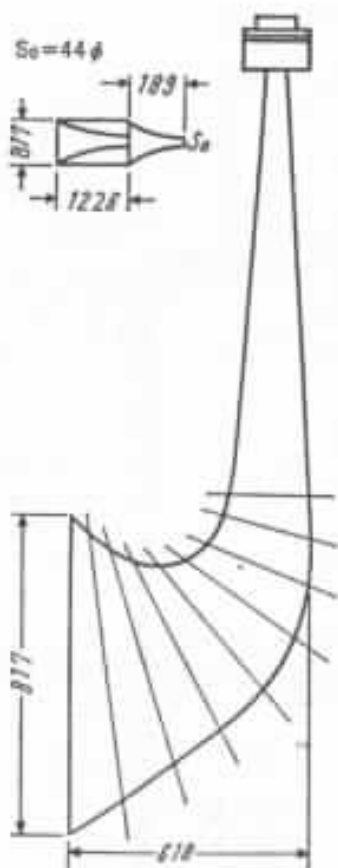


Fig. 11 : Dimensions d'un pavillon de bas-médium conçu par Onken aux environs de 1965. Il devait s'associer au prototype de chambre de compression qui devint plus tard la version Onken OS 100 TL (puis les versions 255 ES). Ce pavillon coudé à 90°, de longueur totale 1,89 m procurait une fréquence de coupure basse de 96 Hz. L'embouchure rectangulaire avait pour dimensions 122,6 × 81,7 cm.

ditionnelle équipée de son haut-parleur Altec 416-8 A soit la plus connue, plusieurs modèles ont précédé et suivi celle-ci. La première version élaborée en 1965 était une enceinte mesurant 95 × 56 × 43 cm, laquelle était équipée d'un haut-parleur de 38 cm (PWA 38 Pioneer) et accordée en bass-reflex (évent de diamètre 7 cm). Onken effectua également des essais avec les caissons grave Altec La Voix du Théâtre et Western Electric (type 825, la variante de construction concernant uniquement la forme de l'évent). Déçu par un certain manque de neutralité et une petite sensation de traînage dans le grave lors de l'association avec ses haut-parleurs de médium et d'aigu (n'oublions pas que les électroniques étaient à tubes), Onken tenta la réalisation d'un caisson dérivé de l'enceinte Wes-

tern Electric 825, le caisson Onken WB-300. On trouvera le plan de cette enceinte sur la figure 12. Il s'agissait en fait d'une version miniaturisée de l'enceinte Western Electric, conçue pour mieux s'adapter à une écoute domestique ainsi qu'aux voies de médium et d'aigu Onken. Cette association fut d'ailleurs réussie et participa au lancement de cette petite marque au Japon.

Les lecteurs qui ont suivi avec attention les réalisations Onken s'apercevront que la «Petite Onken» (l'Audiophile n°25) offre un volume proche de 190 l contre 337 l pour l'enceinte Onken traditionnelle et environ 460 l (pavillon compris) pour l'enceinte Western Electric/Voix du Théâtre 825. L'enceinte Onken WB-300 peut donc être considérée comme un compro-

mis entre la petite Onken et la version Onken classique, son volume étant proche de 270 l.

Le caisson Onken W

Ces différents caissons ont principalement été étudiés par Onken pour s'intégrer à des systèmes trois voies actifs ou passifs. Les quelques dizaines d'utilisateurs japonais qui ont pu se procurer la voie de bas-médium Onken ont pu remarquer des inconvénients résultant de l'utilisation des caissons graves décrits ci-dessus. Il se pose tout d'abord le problème du volume et des dimensions de la pièce d'écoute, un système 4 voies exigeant pour des questions d'étendue de la courbe de réponse niveau/fréquence dans le grave, de bonne fusion acoustique des 4 voies entre elles une surface égale à au moins 50 m² et une hauteur de plafond comprise entre 2,50 m et 3 m. Ensuite, en conservant la voie grave classique, dont le rendement doit malgré tout être considéré comme élevé (celui-ci étant de l'ordre de 96 dB/m/W), on s'aperçoit de l'infériorité du rendement du caisson grave par rapport à celui des autres voies, celui-ci atteignant des valeurs comprises entre 106 et 111 dB/m/W. Sur le plan pratique et économique, vu qu'il n'est pas très facile de s'approcher de la solution idéale consistant à encastrier des pavillons graves dans le mur ou dans le plafond, les compromis trouvés ont donc concerné la réalisation de caissons graves de plus grandes dimensions, chargés ou non par un pavillon. Aux U.S.A., les firmes JBL et Altec ont été parmi les premières à proposer des caissons à haut-parleurs doubles de volume supérieur à 500 litres. Comme on pourrait s'en douter et même si un pavillon de 2 m² d'embouchure et un volume de 500 litres peuvent sembler très importants, on est encore très loin des conditions idéales de traitement des

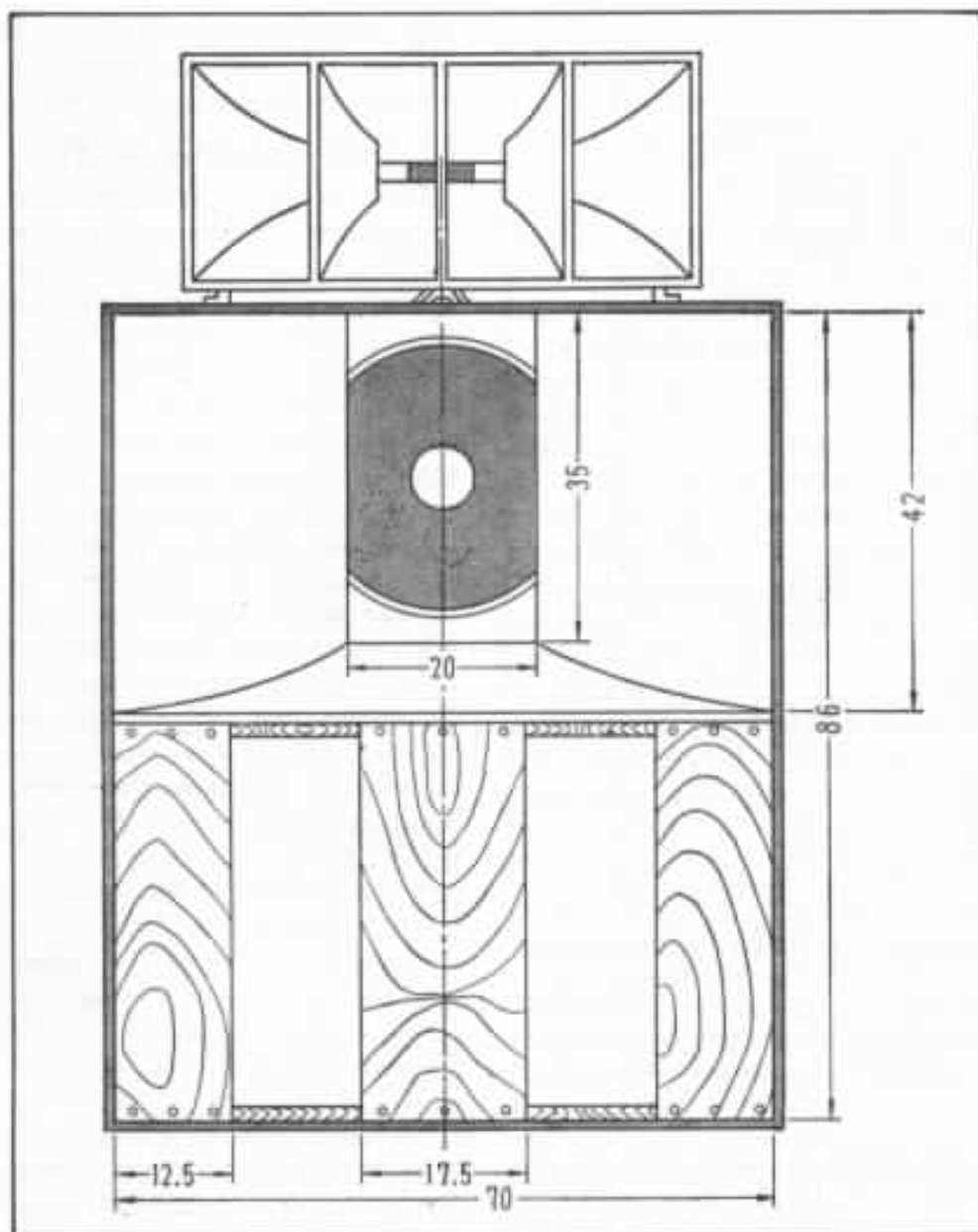


Fig. 12 : Enceinte bass-reflex réalisée par Onken en 1968. Elle est dérivée de l'enceinte Western-Electric 825 (cette dernière étant très proche de la Voix du Théâtre Altec 825). De dimensions $86 \times 70 \times 45$ cm, elle était réalisée en contreplaqué canadien de 25 mm d'épaisseur. De référence WB-300, elle était équipée d'un haut-parleur Onken «312» (prototype), proche de l'Altec 414-8A. Au dessus, le pavillon SC 500 W et la chambre de compression OS 500 MT.

fréquences très basses dont la longueur d'onde est de l'ordre de 10 mètres pour la fréquence audible la plus basse. En 1949, J.B.L. avait conçu une enceinte de référence D-1004. De type bass-reflex et de volume proche de 500 l, elle était équipée de deux haut-parleurs de 38 cm de référence D-130 B. En 1958, Altec Lansing proposait à son tour la version Laguna, de volume proche, sur laquelle étaient montés deux haut-parleurs 803 B (les ancêtres des

fameuses séries 416).

Beaucoup plus récemment, cette conception de caisson équipé de deux haut-parleurs grave s'est retrouvée chez les enceintes JBL 4350 ou 4520 BK.

On pourrait s'étonner du fait que la firme Onken, après avoir proposé deux enceintes de dimensions très proches (dont l'une est dérivée de l'enceinte JBL 4550) douteuses deux équipées de deux haut-parleur de 38 cm chargeant frontalement un pavillon, ait proposé dernièrement

son caisson W sans pavillon frontal. L'explication pourrait sans doute être celle de la recherche d'une neutralité sonore poussée, d'une très bonne linéarité niveau/fréquence et aussi d'un degré de définition également réparti sur toute la bande utile. Écouté en bande étroite, les systèmes à pavillon frontal court tendent à procurer un peu plus de définition (et aussi de niveau acoustique) dans la bande où le pavillon devient efficace, c'est-à-dire entre 150 et 500 Hz environ. Ce qui tend également à faire oublier le manque de définition ou les petits effets de traînage au-dessous de 100 Hz.

Prenons l'exemple de l'enceinte JBL 4550 modifiée Onken (événements réduits de moitié environ). En équipant cette enceinte des haut-parleurs JBL 2220B, on obtient une courbe de réponse niveau/fréquence semblable à celle de la figure 13. Par rapport au montage avec un seul haut-parleur, le niveau est réhaussé de 3 dB. Le pavillon, de son côté réhausse le niveau à partir de 120 Hz environ, ceci jusqu'aux alentours de 500 Hz. Il en résulte globalement, comme sur la Voix du Théâtre mais en plus prononcé une bosse de niveau (150-500 Hz) précédée d'un palier (6 à 7 dB) entre 50 et 100 Hz, bande dans laquelle la linéarité est cependant excellente.

Le caisson Onken W constitue donc un excellent compromis puisque les dernières améliorations apportées sur celui-ci assurent une linéarité niveau/fréquence remarquable, ceci entre 50 Hz et 500 Hz. La figure 14 montre (en A) le caisson Onken classique comparé au caisson Onken W (en B). Sur ce dernier la mesure en chambre sourde dévoile une linéarité dans cette bande à 2 dB près. Sur le plan de la distorsion les améliorations sont également très nettes, en particulier entre 50 et 100 Hz. Un autre avantage, sans

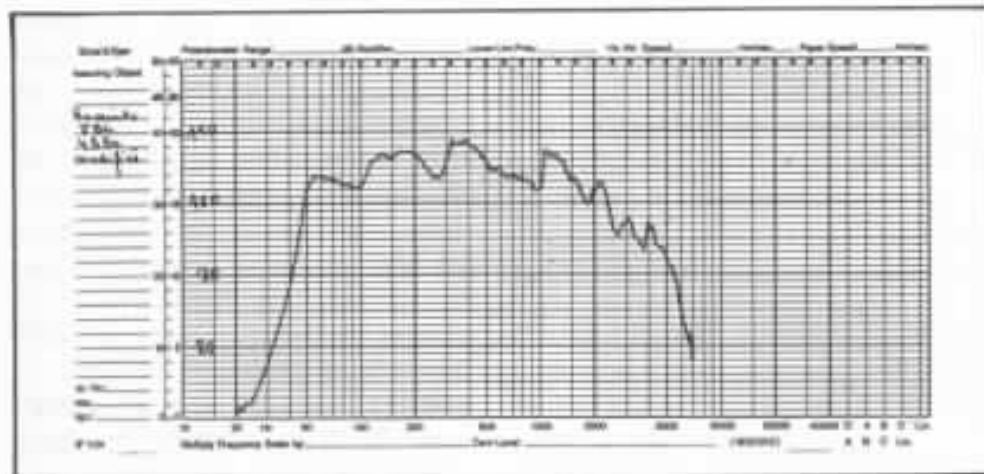


Fig. 13 : Enceinte JBL 4550 modifiée, équipée des haut-parleurs JBL 2220. Remarquer le rendement très élevé (plus de 105 dB en moyenne). Noter la petite atténuation en forme de palier au-dessous de 120 Hz. La zone 150-400 Hz est subjectivement très définie en raison de la présence du pavillon et des légères bosses situées vers 180 Hz et 350 Hz.

doute le principal, est celui de la puissance maximum admissible (sans distorsion audible). Plusieurs amateurs japonais ayant expérimenté le système Onken 4 voies avec le caisson Onken classique ont pu remarquer qu'à partir d'un niveau d'écoute relativement élevé le caisson grave, malgré ses prouesses, avait des difficultés à suivre les trois autres voies (stabilité, taux de distorsion sur les pointes de modulation). Avec le nouveau caisson (qui exige en quadri-amplification active un amplificateur de puissance égale ou supérieure à 100 watts), on peut ainsi s'apercevoir que sur les grandes masses orchestrales, les fortissimi sont transcrits sans difficulté, sans saturation, sans état proche de la saturation. Par rapport au caisson Onken classique, le taux de distorsion subjectif est inférieur, l'absence de distorsion harmonique tendant à accroître la difficulté du réglage des niveaux relatifs entre les 4 voies. C'est également le cas de la voie de bas-médium pour laquelle l'excellente caractéristique de dispersion spatiale et l'importante surface émissive conduisent facilement à une surestimation du niveau acoustique de ce registre par rapport aux trois autres. D'autre part, un caisson grave reproduisant avec

très peu de distorsion la bande 40-240 Hz ne peut assurer un pouvoir de localisation aussi poussé que sur un autre caisson moins performant en distorsion dont la coupure haute se situe à 600 Hz. Ce qui explique pourquoi sur un système 4 voies à pavillons grave encastrés dans le plafond et disposés au-dessus des 3 autres voies, le grave et l'extrême grave ne donnent jamais l'impression de provenir du plafond ou d'un plan surélevé par rapport à la hauteur moyenne de l'image stéréophonique. Dans la conception 4 voies utilisant le caisson Onken décrit ici, le positionnement horizontal des deux haut-parleurs grave a pour avantage de réduire à un minimum la surface émissive équivalente de l'ensemble des voies. Par rapport à une disposition verticale des deux haut-parleurs grave, il devient possible d'abaisser de 30 à 40 cm les autres voies. On évite également l'effet de dissymétrie par rapport au sol d'un des haut-parleurs grave. Dans le plan vertical, l'axe sonore est déterminé essentiellement par la position des voies bas-médium et médium. Par rapport au caisson Onken classique, la version W procure un rendement supérieur de 3 dB, soit une moyenne de 100 dB/m/W. Insistons sur le

fait que la courbe de réponse niveau/fréquence de cette enceinte ne présente pas d'allure régulièrement ascendante et que cette valeur de rendement peut se mesurer aussi bien à 50 Hz qu'à 500 Hz. A titre comparatif citons l'exemple d'une enceinte expérimentale réalisée par S. Kinoshita (ingénieur chez Pioneer et concepteur des chambres de compression de marque TAD. Cette enceinte de volume 360 l, de type bass-reflex, était équipée de deux haut-parleurs 38 cm TAD (versions TL-1601). La courbe de réponse niveau/fréquence de cette enceinte grave est représentée sur la figure 15. On y remarque l'aspect légèrement ascendant vers l'aigu de la courbe ainsi que la chute de niveau rapide au-dessous de 70 Hz, ce qui peut paraître une performance plutôt pauvre pour un tel volume couplé à deux haut-parleurs de 38 cm. C'est l'inconvénient bien connu des haut-parleurs à haut rendement équipés de membranes légères. Ce qui fait d'autant mieux comprendre le remarquable compromis obtenu sur le caisson Onken, ne serait-ce qu'en comparant les courbes obtenues sur les caissons classiques à deux haut-parleurs par rapport à la courbe de la figure 14.

On trouvera sur la figure 16 le plan du caisson Onken W. Celui-ci a été construit en «Médiapan» de 30 mm d'épaisseur. Toutes les parois sont collées et vissées, excepté la face avant qui est seulement vissée. Trois tasseaux de forte section, en chêne, rigidifient les six parois. Derrière la face avant un autre tasseau prend place verticalement entre les deux haut-parleurs. Trois autres tasseaux forment avec ce tasseau frontal un cadre transversal, séparant latéralement les parties gauche et droite du caisson. Sur ce cadre vient se fixer un rideau de feutre. Ce rideau a pour but de procurer une sépara-

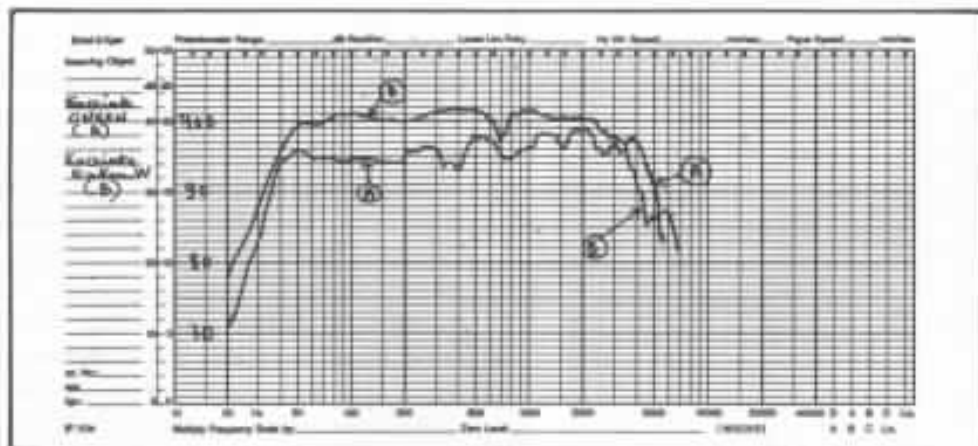


Fig. 14 : Courbes de réponse niveau/fréquence des enceintes Onken (en A) et Onken W (en B). En A (courbe inférieure), courbe obtenue sur le caisson Onken classique. En B (courbe supérieure), réponse du caisson Onken W. Le rendement moyen est de 100 dB/m/W. Remarquer l'exceptionnelle linéarité obtenue entre 45 et 600 Hz. Le creux à 600 Hz est dû à des rotations de phase des suspensions périphériques.

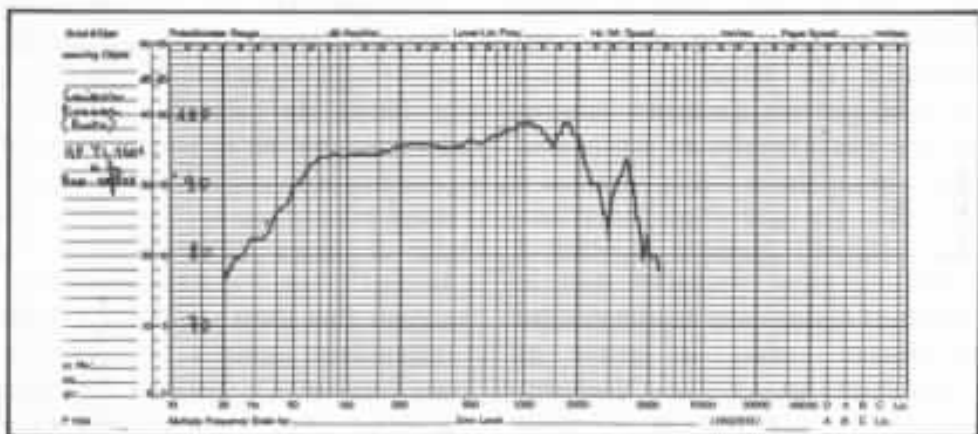


Fig. 15 : Courbe de réponse d'un caisson grave à double haut-parleur de 38 cm (TAD TL-1601). Le caisson grave (expérimental) mesure 97 x 74 x 55 cm. Le volume interne est de 360 l. L'accord bass-reflex comprend deux événements de forme circulaire (diamètre 15 cm, longueur 20 cm). Remarquer l'excellente linéarité, avec toutefois une coupure basse située à 60 Hz environ, une courbe légèrement ascendante vers l'aigu et une résonance située à 4 kHz. Le rendement moyen est de 95 dB/m/W. Cette réalisation expérimentale avait été publiée dans la revue japonaise Stereo Technic en juin 1982.

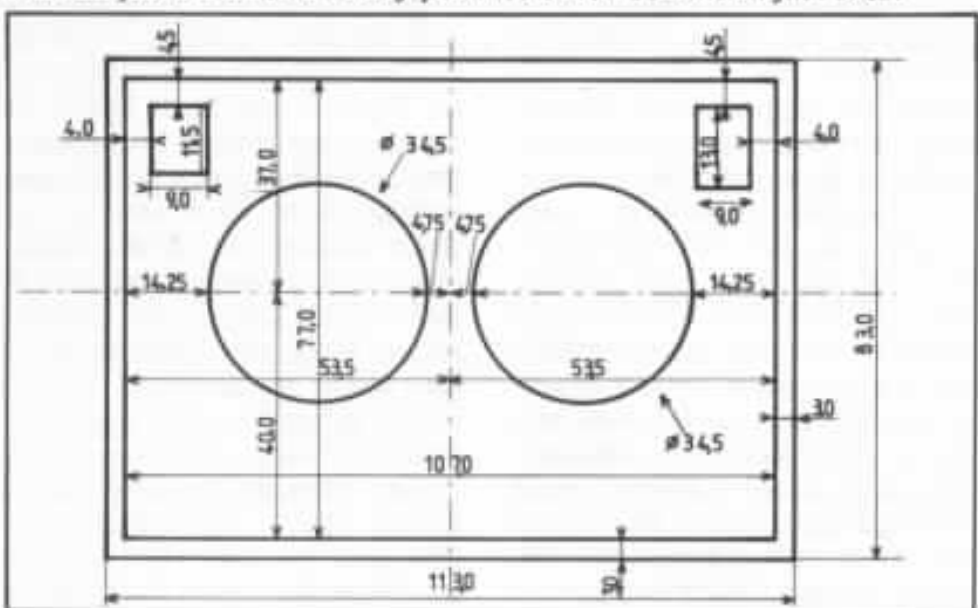


Fig. 16 : Plan de l'enceinte Onken W.

tion acoustique entre les deux haut-parleurs et d'éviter des phénomènes d'interférence en régime impulsionnel. Bien qu'il soit impossible d'obtenir un déplacement quasi-identique des deux membranes, les mesures et les tests subjectifs montrent que les véritables problèmes se posent seulement pour les fréquences supérieures à 500 ou 600 Hz, comme le fait remarquer la firme Onken. Le choix d'une fréquence de coupure fixée à 240 Hz apparaît donc comme les plus raisonnables. Cette solution semble par ailleurs plus favorable que celle d'un haut-parleur unique de diamètre 46 ou 63 cm pour lequel une membrane de masse plus importante n'aurait pu permettre d'accéder aux mêmes performances en réponse transitoire. Les deux haut-parleurs, montés en parallèle, doivent toutefois être appariés et présenter des fréquences de résonances identiques. Sur la figure 16, on remarquera que les deux événements (simples ouvertures rectangulaires dans la face avant) ont des dimensions légèrement différentes. Il s'agit d'une optimisation réalisée par Onken quelques mois après la présentation de l'enceinte W, dont le but avait été l'amélioration de la linéarité entre 80 et 100 Hz.

Pour cette enceinte, Onken conseille l'utilisation de haut-parleurs Alter 416-8B ou 416-8C, les 515 C étant réservés principalement pour une application avec charge frontale par pavillon. Selon Onken, le remplacement des 416 par des 515 aurait conduit à l'obtention d'une coupure basse voisine de 65 Hz ainsi qu'à une courbe légèrement montante jusqu'à 150 Hz. Les haut-parleurs Altec dans les séries 416 (et 515) se faisant de plus en plus rares sur le marché, Onken a proposé récemment un haut-parleur Onken de référence Onken SS-8A, équipé d'une membrane Altec modifiée et présentant une fréquence de réso-

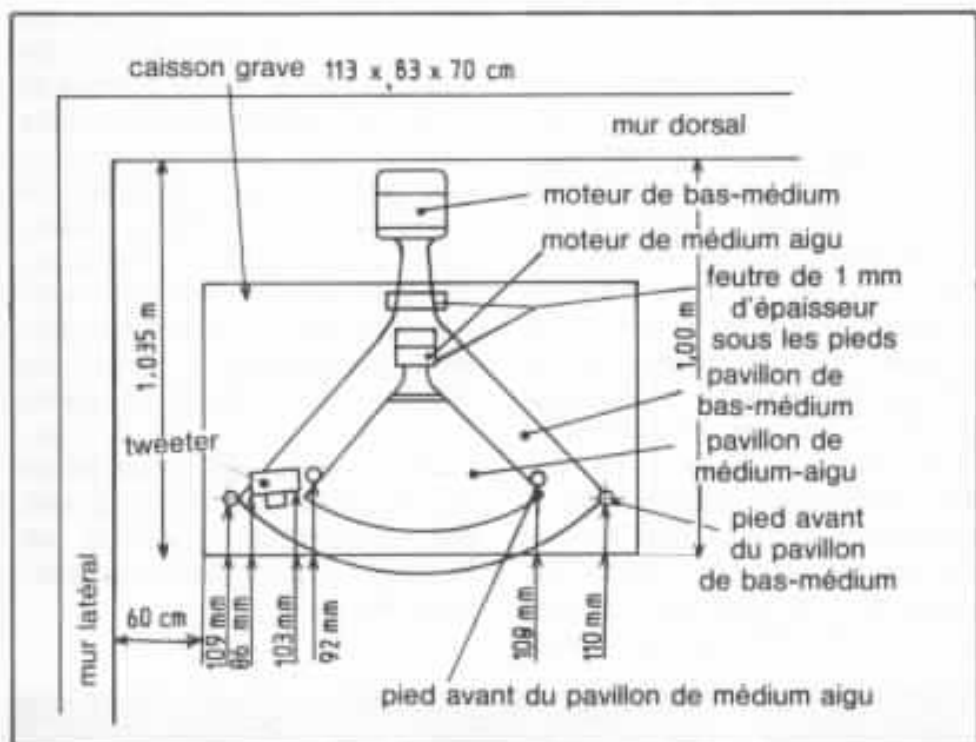


Fig. 17 : Placement des trois voies sur le caisson grave Onken W. Exemple pour l'enceinte gauche. Les distances par rapport aux murs sont des valeurs minimales. le dos de l'enceinte est, à 3,5 cm près, pratiquement parallèle au mur dorsal.

nance plus basse que celle du 416-8A, soit 22 Hz (au lieu de 25 à 27 Hz. Onken fait toutefois remarquer que sur le 416-8B (ou C), la fréquence de résonance tend à s'abaisser après vieillissement, ceci en raison de l'assouplissement de la suspension. Pour ce qui concerne les liaisons entre les bornes de sorties avec celles des haut-parleurs, deux câbles (Lucas) partent des bornes de l'enceinte pour aboutir à celles de chacun des deux haut-parleurs. Noter enfin que toutes les parois internes de l'enceinte sont tapissées de feutre de 1 cm d'épaisseur (semblable à celui utilisé sur l'enceinte Onken courante).

Signalons que cette enceinte une fois montée et prête à fonctionner pèse environ 130 Kg, ce qui porte à près de 450 Kg le poids total d'une paire de ce système 4 voies.

La figure 17 donne les indications nécessaires pour le placement optimal des trois voies sur le caisson grave W. Ce qui évite les fastidieux réglages de mise en phase. Les enceintes ne sont que

très légèrement orientées vers le point d'écoute. Malgré sa disposition en hauteur, le pavillon de bas-médium n'est pas dirigé vers le bas mais reste orienté sur un plan parallèle à celui de l'enceinte. Il en est de même pour la voie de médium aigu. Noter que la hauteur des voies de bas-médium et de médium-aigu est exactement la même que celle du système à 4 voies, avec voie grave à pavillons encastrés dans le plafond, décrite dans la Nouvelle Revue du Son (NRDS nos 38, 39 Mai, Juin/Juillet 1980, Système Tamaru). Une écoute attentive du système 4 voies décrit dans ces pages a pu mettre en évidence que la zone optimale d'écoute se situe avec un recul de 4 à 6 mètres, la hauteur d'écoute optimale se situant aux alentours de 1,35 m (contre 1,20 m environ pour une hauteur moyenne d'oreille en position assise).

Constatations qui se recourent parfaitement avec celles de M. Tamaru, lequel avait trouvé pour solution celle du siège réglable en hauteur pour table de dessinateur industriel. En fait, il

est fort possible que des réglages différents de positionnement des voies de bas-médium et de médium aigu puissent assurer une écoute optimale pour 1,20 m de hauteur d'oreille. D'autre part, il serait tout à fait possible d'envisager le remplacement des voies de médium-aigu et aiguë Onken par le moteur TAD 2001 (+ pavillon Le Dauphin) et par le tweeter JBL 2405 (ou 2403, ce dernier utilisant la même membrane annulaire chargeant un petit pavillon elliptique).

Amplificateurs mono triodes.

On se trouve contraint de revenir à 1977 pour trouver dans les premiers numéros de l'Audio-ophile des descriptions, des articles vantant les qualités exceptionnelles présentées par certains amplificateurs mono-triodes conçus au Japon entre 1968 et 1976. Il aura donc fallu attendre une bonne quinzaine d'années pour que les audiophiles français et européens (mis à part quelques initiés) se mettent à la mode des triodes anciennes, ceci avec l'avantage des expériences précédentes, de l'apport de composants audio très performants, mais aussi avec l'inconvénient des prix plus élevés (en général), de la difficulté de se procurer certaines pièces détachées, en particulier des tubes triodes de puissance à chauffage direct. Les journées de la Haute Fidélité 1986 de l'Hôtel Sofitel, la parution simultanée de l'ouvrage «Initiation aux amplificateurs à tubes», les démonstrations effectuées sur la «Voix du Théâtre» modifiée semblent donc avoir contribué pour une grande part à l'enthousiasme soudain et très marqué soulevé par des centaines d'audiophiles. Dans cette affaire, le plus important semble être le fait que ce succès n'a pour origine ni la mise au point de la Voix du Théâtre modifiée, ni la possibilité d'écouter des amplifi-

cateurs mono-triodes semblables à ceux décrits en 1977, mais plus exactement de l'association de ces deux maillons, mettant ainsi en valeur toutes les possibilités de transcription sonore de chacun d'entre eux. L'auteur de cet article ne peut donc cacher sa satisfaction dans ce domaine, ceci grâce à l'aide précieuse de l'équipé de L'Audiophile, de celle de M. William Walther. Malgré des conditions d'écoute qui étaient loin d'être favorables, les auditeurs présents lors de ces démonstrations ont pu ainsi se rendre compte que la grande mode japonaise des tubes au cours des années 70, ainsi que

celle des enceintes à très haut rendement n'était pas liée à un esprit «passeiste», attaché aux antiquités en haute fidélité, mais plus exactement à la recherche d'une fidélité sonore très poussée, très difficile à obtenir à partir de maillons plus conventionnels. C'est encore grâce à l'accès à une définition sonore très poussée qu'il devient possible de démontrer de façon encore plus flagrante l'influence subjective provenant des câbles de liaison, des composants passifs, de la qualité des contacts, bref de bien des sujets qui ont rempli les pages de L'Audiophile. La description détaillée des différents

amplificateurs mono-triodes utilisés pour les démonstrations des Journées de la Haute Fidélité ne peut malheureusement être faite dans le cadre de cet article, chaque amplificateur risquant de s'étendre sur plusieurs pages. Que les lecteurs se rassurent, nous aurions l'occasion d'y revenir en détail. Ce qui nous obligera notamment à parler du fabuleux tube TM 100, jusqu'ici inconnu (ou presque) des lecteurs, connu des audiophiles japonais dès 1972, mais qui avait été néanmoins construit en France il y a une bonne quarantaine d'années...

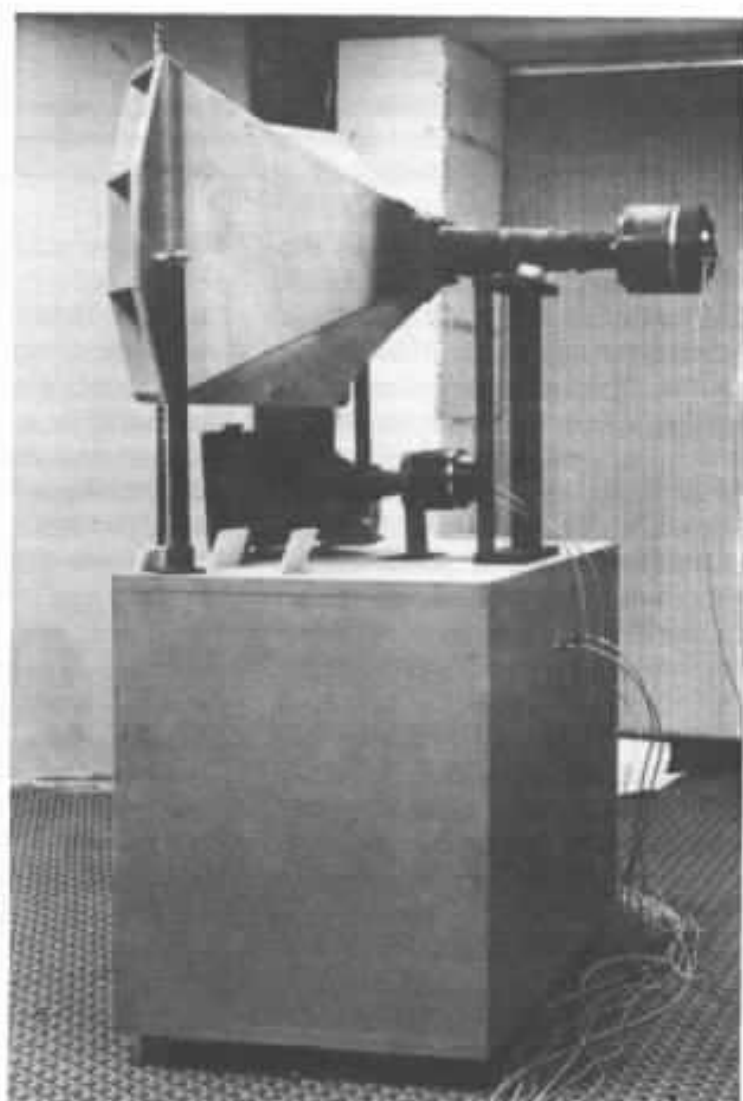


Fig. 18 : Système Onken 4 voies présenté en mars dernier au Sofitel. Celui-ci était «alimenté» de la manière suivante : platine Micro 5000, bras SME 3012, cellule Denon DL 103, prépréamplificateur Le Prépré, préamplificateur Le Solstice, filtre actif Kanéda 240 Hz-1 200 Hz-8 000 Hz, amplificateur de grave prototype Mosfet 120 W, amplificateur de bas-médium Le Classe A, amplificateur de médium Hiraga Classe A, amplificateur d'aigu Némésis. Le câblage est intégralement réalisé en Isoda, y compris le bras de lecture.

Onken 86

Guy Marec

Une visite chez Onken à Tokyo est toujours passionnante et très riche d'enseignements et d'expériences diverses. Pour la troisième fois, j'ai eu la chance de passer de nombreuses heures en compagnie de M. Eijiro Koizumi, fondateur de cette petite entreprise typiquement japonaise et maintenant bien connue des audiophiles français.

Un des traits caractéristiques et essentiels de M. E. Koizumi est de posséder ce sens inné de la recherche et surtout de la nécessité de la recherche qui a permis à la plupart des grandes entreprises japonaises de devenir de redoutables concurrentes au niveau international.

Le matériel créé ou utilisé par M. E. Koizumi est donc perpétuellement remanié et modifié. Les performances des têtes de lectures, tweeters, drivers, haut-parleurs et enceintes, sont en permanence améliorées et optimisées. Ce travail gigantesque, consacré à la modification d'infimes détails, a permis aux éléments Onken de se hisser au premier plan des composants japonais.

Dans ce premier article sur cette visite en avril 1986 au Japon, je vais essayer de résumer quelques uns des renseignements recueillis concernant l'évolution, la modification ou l'utilisation de certains composants.

Beaucoup de nos amis audiophiles attendent ces informations ; je me devais de les transmettre avant de présenter les deux systèmes exceptionnels que j'ai, par ailleurs, eu la chance de pouvoir écouter.

1. Modification de la cellule Denon DL 103

Lors de ma précédente visite en 1984, M. E. Koizumi m'avait informé des possibilités d'amélioration de cette cellule toujours

considérée comme la meilleure par beaucoup d'audiophiles japonais. J'ai présenté ces premiers essais de modification dans l'Audiophile n° 32 pages 29 et 30. Beaucoup d'audiophiles ont, depuis, réalisé cette découpe du boîtier et supprimé le film plastique qui protège l'équipage mobile et les pièces polaires.

Je n'avais pas indiqué, à l'époque, la constitution exacte du produit amortisseur utilisé par M. E. Koizumi pour parfaire l'amélioration. Heureusement d'ailleurs, car il y a une erreur dans cet article sur l'endroit exact où il faut appliquer ce produit amortisseur. Cette erreur vient du fait que le même mot anglais «damper» est utilisé par M. E. Koizumi pour désigner ce produit amortisseur et l'amortisseur plastique proprement dit de l'équipage mobile (petite pastille de matériau bleu).

La maîtrise, plus qu'approximative, de la langue anglaise par M. E. Koizumi m'a conduit à cette erreur d'interprétation sans conséquence puisque le produit à utiliser n'a pas été précisé. Je demande donc aux lecteurs intéressés par cette modification de faire extrêmement attention à la description de cette opération et à l'évolution qu'elle a subie depuis deux ans.

Je tiens à faire remarquer que ces améliorations de cellules sont destinées à donner à des systèmes par ailleurs parfaitement optimisés et réglés un supplément de finesse et de réalisme dans la restitution. Il ne saurait être question d'en attendre la transfiguration d'un système de qualité moyenne ou insuffisamment au point.

J'attire tout particulièrement l'attention des lecteurs sur le fait que la modification d'une cellule de lecture est une **opération très délicate qui peut entraîner sa destruction** en cas de fausse manœuvre. Elle ne peut être entreprise que par des personnes bien outillées et rompues aux tra-

voux manuels délicats et précis.

La découpe du boîtier

Se référer à la fig. 1.

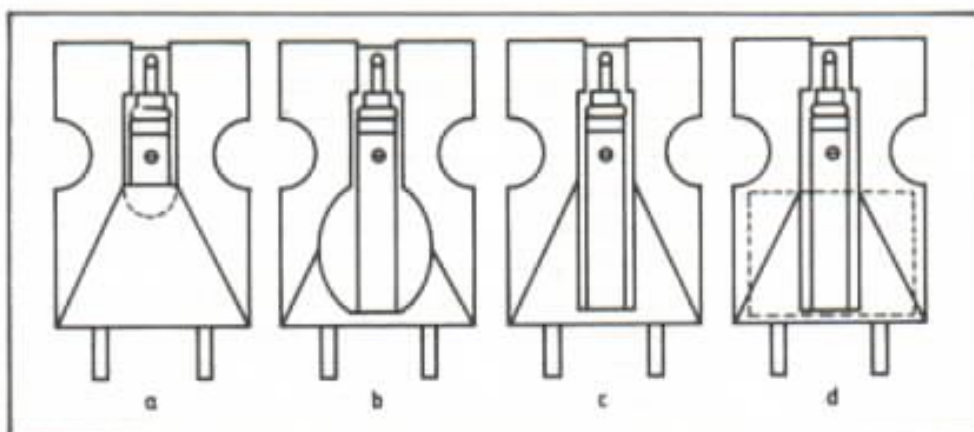


Fig. 1 : Découpe du boîtier de la cellule Denon DL 103.

a. Découpe préconisée en 1984. b. Découpe maximum essayée par M. E. Koizumi. c. Découpe optimum préconisée en 1986. d. Test d'efficacité de la modification avec un plastique adhésif.

Dans l'Audiophile n° 32, j'avais précisé que cette modification ne concernait que les cellules Denon DL 103 standard dont le boîtier protecteur est noir et non pas les cellules DL 103 Gold dont le boîtier est doré et la découpe légèrement plus grande. Depuis cette époque, M. E. Koizumi s'est aperçu en continuant ses essais d'amélioration, qu'il fallait considérablement agrandir l'ouverture des boîtiers. Le problème n'est plus seulement de supprimer un contact mécanique entre pièce polaire et boîtier mais vraisemblablement de supprimer des résonances intérieures à la cavité ou des vibrations du boîtier lui-même. Cette modification s'applique donc maintenant aussi à la cellule DL 103 Gold. De nombreux essais de découpe ont été faits. Partant de la découpe initiale présentée fig. 1a, l'ouverture du boîtier a été progressivement agrandie jusqu'à obtenir la découpe indiquée fig. 1b. M. E. Koizumi s'est alors aperçu que la surface de la découpe passe par une section optimum correspondant à celle donnée fig. 1c. Cette modification agit sur le registre grave. Subjectivement, elle baisse un peu ce registre et le rend plus

clair et plus neutre.

Chose curieuse, l'effet de cette modification peut être testé en obturant la découpe comme indi-

qué fig 1d, avec un morceau de plastique adhésif un peu épais. Si la chaîne de reproduction est au point, l'accentuation du registre grave est nettement perceptible.

La découpe à réaliser est donc celle indiquée fig. 1c. M. E. Koizumi conseille de démonter le boîtier avant de réaliser la découpe. Attention, l'opération de démontage est assez délicate parce qu'un faux mouvement peut casser le cantilever. Ce démontage se fait en insérant l'extrémité d'une lame de tournevis très fine entre le corps de la cellule et le boîtier, à l'arrière, comme indiqué fig. 2.

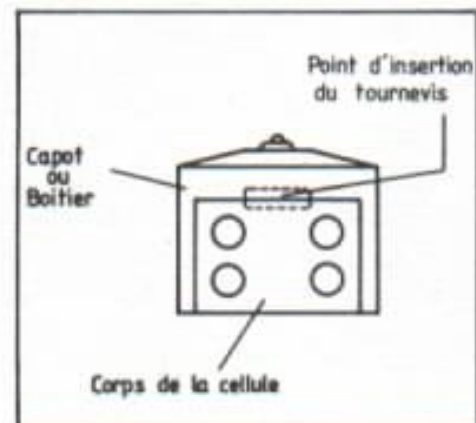


Fig. 2 : Face arrière de la cellule Denon DL 103 côté contacts électriques, montrant le point d'application du tournevis pour le démontage du boîtier.

Je conseille très vivement aux audiophiles intéressés par cette opération de «se faire la main» sur une veille cellule avant échange standard, ou sur une cellule manifestement mauvaise, il y en a malheureusement dans la série.

L'amortissement de l'équipage. Se référer à la fig. 3.

Il y a deux ans, M. E. Koizumi s'était aperçu qu'une goutte de produit amortisseur placée sur la vis de blocage de l'équipage mobile (et non pas sur l'amortisseur plastique bleu comme je l'ai écrit à l'époque) améliorerait très sensiblement la qualité de la restitution en rendant plus homogène la répartition spatiale et en lui donnant plus de vérité et de présence.

Il s'est rendu compte ensuite que le produit avait tendance à vieillir, qu'une légère dureté pouvait réapparaître et qu'il fallait alors, au moyen d'un solvant, redonner un peu de viscosité à l'amortisseur.

Je ne sais pas exactement comment agit cette quantité infinitésimale de fluide amortisseur, dont je donnerai la composition plus loin, mais il est vraisemblable qu'il pénètre dans le filetage de la vis qui bloque la tige de rappel de l'équipage mobile et qu'il a une action d'amortissement mécanique de la pièce polaire.

Le phénomène de vieillissement du produit rend cette opération délicate à effectuer. M. E. Koizumi considère qu'elle est réservée aux «professionnels», je cite ses propres mots ! Il conseille aux amateurs de se contenter de déposer une quantité infinitésimale d'amortisseur, non pas sur la vis, mais légèrement en arrière de façon à éviter la pénétration du produit dans le filetage. L'effet amortisseur est moins important mais il n'y a pas apparition de phénomènes de vieillissement et, si nécessaire en cas de mauvais résultat, le

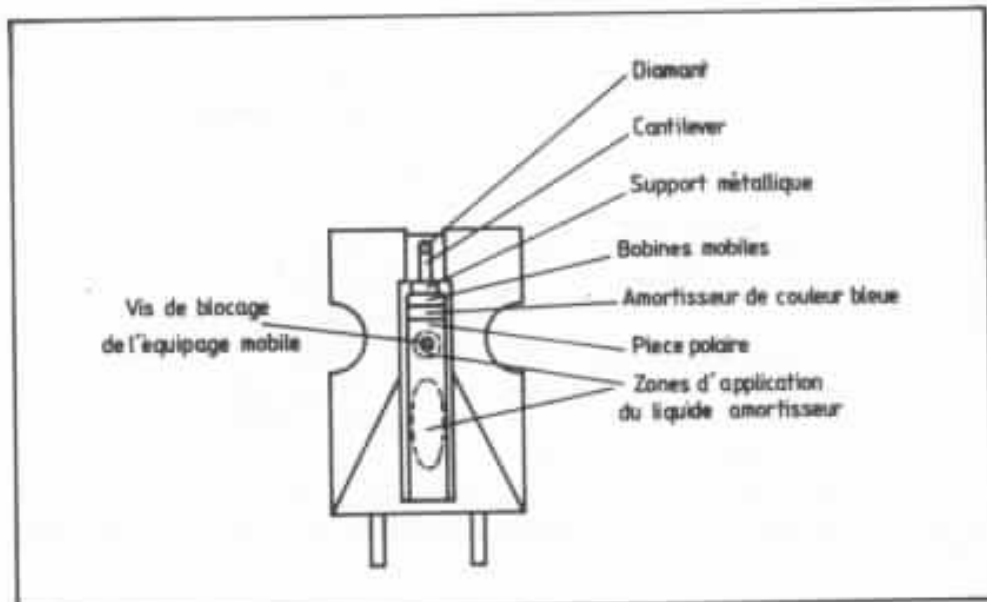


Fig. 3 : Points d'application du liquide amortisseur sur la pièce polaire cylindrique. En haut sur la tête de vis, opération délicate à cause du vieillissement du produit amortisseur. En bas sur la pièce polaire, opération sans problème.

produit est assez facile à enlever. La fig. 3 précise les deux zones d'application. Le produit amortisseur est réalisé en dissolvant un amortisseur Altec-Lansing dans un solvant organique assez courant.

Le produit Altec-Lansing a pour référence :

Altec 16-02-12 10 30
54007/15 %

Dope for replacement

Diaph. and voice coil assembly c'est le produit qui est utilisé à la périphérie des membranes des haut-parleurs de grave.

Le solvant est du méthyl-éthyl-cétone de formule chimique $C_2H_5-CO-CH_3$. Il est quelquefois appelé Butanone. C'est un produit très couramment utilisé en chimie.

Le produit amortisseur est à faire en mélangeant très peu de produit Altec et beaucoup de butanone pour faire un mélange assez liquide. Au départ, le produit Altec est épais et visqueux, placé entre le pouce et l'index, il est très adhérent et s'étire en minces filaments qui deviennent de plus en plus cassants quand le solvant d'origine (de l'acétone) s'évapore. Après dissolution dans le butanone, il doit devenir fluide mais garder une certaine consistance sans coller les doigts.

Pour ceux qui voudraient, malgré tout, placer du produit amortisseur sur la vis, le solvant à utiliser ensuite est le même. Je ne conseille toutefois pas cet essai, sauf peut-être sur une cellule déjà usagée qu'il serait nécessaire de bientôt remplacer.

La cellule Denon DL 103 Gold

Cette cellule mise en vente il y a trois ans pour son vingtième anniversaire a le même équipage mobile que la version standard, donc des performances identiques en lecture et restitution. La seule différence est la présence de ce boîtier doré qui est conducteur de l'électricité. Le niveau de bruit obtenu avec cette cellule est inférieur à celui de la version standard. Il est vraisemblable que le boîtier conducteur joue un rôle d'écran électrique. C'est peut-être un peu cela qui fait la qualité des boîtiers en plomb.

Il serait intéressant de rendre conducteur le boîtier d'un modèle standard au moyen d'un revêtement conducteur genre Superblack et de voir si on en obtient le même résultat.

Une expérience intéressante. Se référer à la fig. 4.

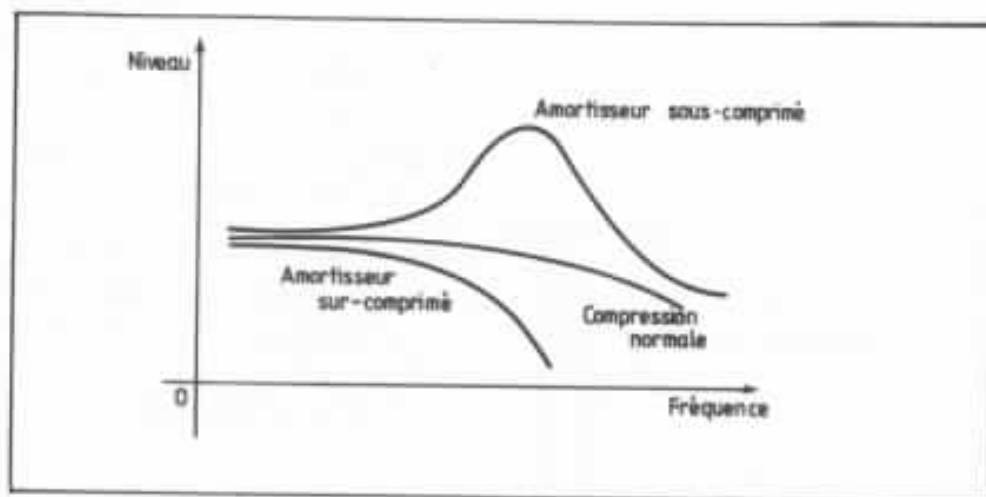


Fig. 4 : Effet subjectif de l'amortissement mécanique de l'équipage mobile de la Denon DL 103.

Avant de clore ce petit chapitre consacré à la cellule Denon DL 103, je citerai une expérience faite par M. E. Koizumi sur le réglage de l'amortisseur mécanique de cette cellule.

En utilisant la vis de blocage de la tige de rappel de l'équipage mobile, il a modifié le réglage longitudinal de la compression de l'amortisseur. Quand l'amortisseur n'est pas assez comprimé, l'équipage n'est pas amorti, il y a une forte accentuation du haut du spectre. Quand l'amortisseur au contraire est trop comprimé, l'équipage est trop amorti et le haut du spectre est très atténué.

Il y a peut-être là un moyen de régler au mieux les cellules considérées comme mauvaises mais l'opération est délicate. Ce réglage est normalement contrôlé en usine mais sait-on jamais ?

2. Amélioration de l'enceinte de grave

Il s'agit de l'enceinte bien connue des lecteurs et réalisée avec un seul haut-parleur Altec 416-8A ou B. Cette enceinte, pourtant déjà ancienne et exceptionnellement bonne, vient une nouvelle fois d'être légèrement modifiée. L'amélioration concerne l'amortissement interne de l'enceinte qui était précédemment réalisé par une feuille de feutre de 25 millimètres d'épais-

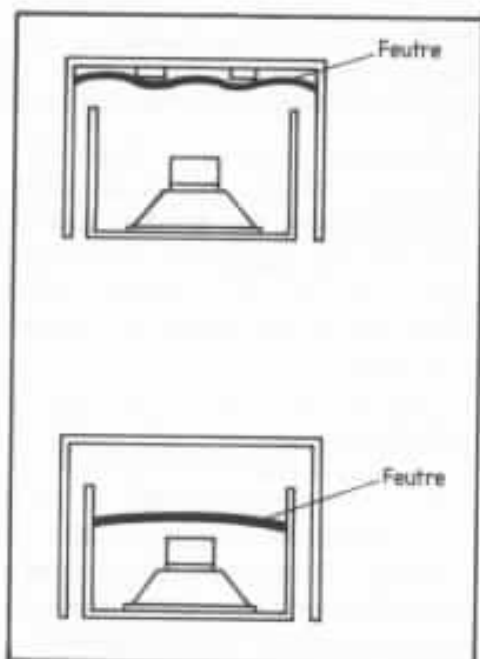


Fig. 5 : Evolution de l'amortissement interne de l'enceinte Onken.

seur placée au fond. Se référer à la fig. 5. Une amélioration très nette peut être obtenue en plaçant cette feuille de feutre à 10 centimètres en arrière du moteur du haut-parleur de façon à réaliser un écran total entre le haut-parleur et le fond de l'enceinte. L'avantage principal de cette disposition est d'obliger les ondes sonores réfléchies par le fond de l'enceinte et rayonnées par la membrane à traverser deux fois cet écran. L'amortissement des résonances internes est aussi nettement plus efficace.

Cette méthode d'amortissement des bass-reflex a été préconisée il y a très longtemps par

G. A. Briggs. Je l'ai toujours considérée comme très efficace et je m'en suis servi pour améliorer mes enceintes Neveu. Avec ce nouveau système, il n'est plus nécessaire d'obturer partiellement un des événements de l'enceinte avec un rouleau de feutre pour parfaire l'accord.

Un autre détail qui a son importance, mérite d'être signalé. Jusqu'à maintenant, toutes les enceintes que j'avais vues et entendues au Japon avaient leurs ouvertures d'accès au haut-parleur situées à l'arrière. Par contre, beaucoup des enceintes réalisées en France ont un panneau avant démontable, ce qui facilite beaucoup la réalisation. J'ai longtemps attribué à cette technique de réalisation la différence de qualité entre les résultats obtenus au Japon et ceux souvent obtenus en France. Un panneau support de haut-parleur vissé est a priori beaucoup moins solidaire du reste de l'enceinte qu'un panneau vissé et collé.

M. E. Koizumi m'a confirmé que ce détail de réalisation n'a pas d'importance et il utilise actuellement deux enceintes dont les panneaux avant sont démontables.

3. Problème des phases et des mises en phase

Le réglage des phases relatives des différents transducteurs électroacoustiques est l'une des difficultés majeures rencontrée pendant la mise au point d'un système. Ce problème est connu, je n'ose pas dire « bien connu » parce que cela sous-entendrait un peu que des solutions parfaites existent, ce qui est loin d'être le cas. La difficulté vient du fait qu'il y a simultanément des déphasages des signaux électriques envoyés aux moteurs, ces déphasages sont principalement dus aux indispensables filtres séparateurs de canaux, et des déphasages acoustiques dus aux

transducteurs eux-mêmes (vitesse de déplacement des membranes et positions relatives des sources sonores).

Un autre problème, moins évident celui-là si on analyse les phénomènes physiques, est l'influence sur la restitution de ce qu'on a pris l'habitude d'appeler la «phase vraie». Ceci se manifeste par une influence quelquefois très importante du sens de branchement de l'enceinte acoustique à la sortie de l'amplificateur. Certains amplificateurs sont même munis d'un inverseur permettant de faire ce test.

Mais revenons aux éléments Onken. La première chose que m'a fait constater M. E. Koizumi est l'influence du sens de branchement de ses moteurs à la sortie de l'amplificateur utilisé. Les moteurs Onken sont particulièrement sensibles au sens de cette connexion.

Ce test était fait sur son bâti de réglage où il utilise un petit amplificateur à tubes, sans monter les pavillons sur les moteurs. La différence est évidente quand la borne «plus» du moteur est branchée à la borne «plus» de l'amplificateur, le timbre est différent et l'impact meilleur.

Le problème qui se pose alors est la signification réelle de cette sortie «plus» de l'amplificateur, surtout dans le cas d'un amplificateur à tube sortant sur transformateur.

Cette sortie «plus» peut être en phase avec l'entrée ; dans le cas d'un amplificateur à transistors du type à courant continu, elle peut être en opposition de phase. Il y a là un problème à approfondir par ceux qui mettent au point un système de reproduction à partir d'éléments de haute qualité.

Il est évident qu'il y a un sens de branchement préférentiel pour un transducteur de qualité mais il est possible que des appareils moins sensibles ou moins performants mettent moins en évidence ce phénomène acousti-

que.

Si on considère maintenant le problème de l'ensemble des connexions d'un système Onken à trois, quatre ou cinq voies, M. E. Koizumi insiste sur le fait que toutes les bornes «plus» des transducteurs doivent être connectées à la même borne de l'amplificateur, borne «plus» dans son cas.

Ceci exclut toute inversion de branchement d'un transducteur par rapport à l'autre et donc a priori l'usage de filtres séparateurs de canaux à 12 dB par octave.

Si le bon système de connexion est respecté, c'est-à-dire si toutes les bornes «plus» des transducteurs sont reliées à la même borne «plus» de l'amplificateur, la restitution est homogène à gauche, au centre et à droite. Si, au contraire, dans le cas d'un système à trois voies filtré à 12 dB par octave par exemple, la connexion du médium est inversée pour rattraper le décalage de phase, la restitution est bonne à gauche et à droite mais mauvaise au centre. Il n'y a plus de focalisation, un instrument solo n'a plus de réalisme.

M. E. Koizumi a beaucoup travaillé ce problème des phases et dans les dernières versions de ses moteurs, il a modifié le sens d'enroulement des fils des bobines mobiles. J'ai pu constater à

ce sujet que ses clients, qui ont des modèles déjà anciens de moteurs, les renvoient pour qu'ils soient ajustés conformément aux dernières évolutions techniques ! Les filtres utilisables avec des éléments Onken sont donc les filtres à 6 dB, 18 dB et 24 dB par octave qui ne nécessitent aucune inversion de connexion de transducteurs.

Je conseille au lecteur de revoir à ce sujet l'article remarquable mais malheureusement un peu succinct de L.E. Larsen et G. Chrétien dans l'Audiophile n° 10. J'ai pu constater que, si le filtre à 18 dB par octave est le plus connu et le plus utilisé, d'une façon générale et dans les systèmes Onken, il semble poser beaucoup de problèmes de réglage. Cette constatation va dans le sens des idées présentées par L.E. Larsen et G. Chrétien.

Je conseille à ceux qui sont confrontés avec la mise au point d'un système utilisant des transducteurs très sensibles et précis, de bien prendre conscience de l'impact de ces quelques remarques.

Pour terminer ce chapitre sur les problèmes de phase que posent un système Onken, je donne fig. 6 la dernière implantation proposée par M. E. Koizumi pour la mise en phase acoustique d'un système à trois voies. Toutes les dimensions et

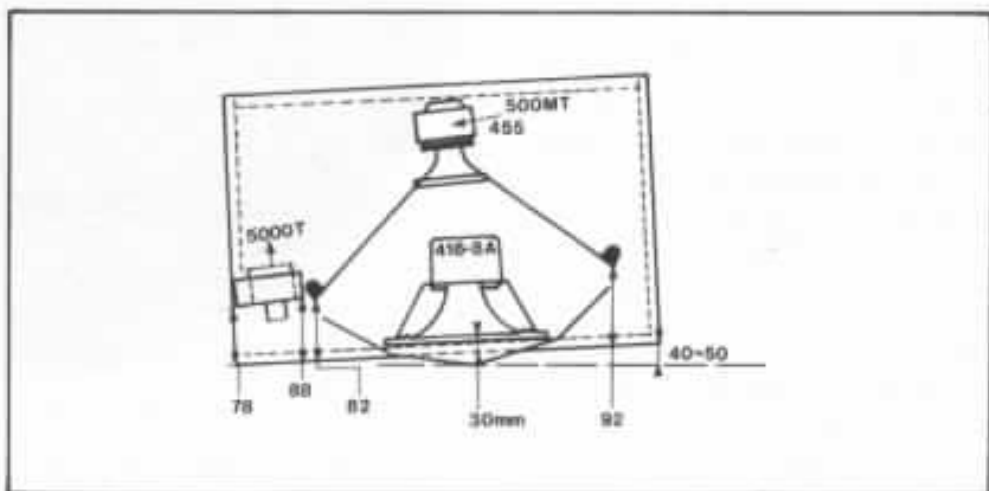


Fig. 6 : Positions relatives des éléments d'un système Onken à trois voies avec l'enceinte de grave à un haut-parleur.

cotes indiquées correspondent à une distance de 30 millimètres de la partie extérieure de la membrane du haut-parleur de grave par rapport à la face avant extérieure de l'enceinte de grave.

4. Le problème de la sécurité d'utilisation des moteurs

Les moteurs de chambre de compression sont des éléments très sensibles admettant en régime permanent une puissance très faible. De l'ordre du watt pour les moteurs Onken par exemple.

Je me suis longtemps posé le problème des risques de détérioration des bobines et membranes en cas de fausse manœuvre ou de défaillance de circuits électroniques. J'ai parlé de ce problème avec M. E. Koizumi et deux de ses clients dont l'un a mis hors d'usage une dizaine de moteurs avec un amplificateur endommagé !

M. E. Koizumi est formel, il faut prendre des précautions. Une entrée d'amplificateur ouverte, par exemple, peut parfaitement entraîner la destruction d'un moteur connecté à ses bornes. Il est absolument impératif que les amplificateurs utilisés avec ces moteurs soient munis de circuits de protection extrêmement efficaces et très rapides.

Dans le cas des amplificateurs Kanéda, ces circuits existent et sont très efficaces. Le problème est beaucoup moins évident dans les amplificateurs à tubes électroniques et, d'une façon plus générale, dans les amplificateurs à transformateurs de sortie. Il ne faut pas perdre de vue que le temps de réponse d'un tel circuit de protection doit être de l'ordre de la milliseconde.

Le problème de la protection des moteurs est rendu d'autant plus aigu en France que les communications avec le Japon sont

difficiles ou relativement onéreuses pour les opérations de dépannage. J'ai, pour ma part, l'intention d'étudier très en détail ce problème de la sécurité avant de mettre mon système en service permanent.

5. Le haut-parleur de grave Onken S-8A

Ce haut-parleur est une copie conforme du haut-parleur Altec 416-8A. M. Koizumi a réétudié un mode de fabrication du sala-

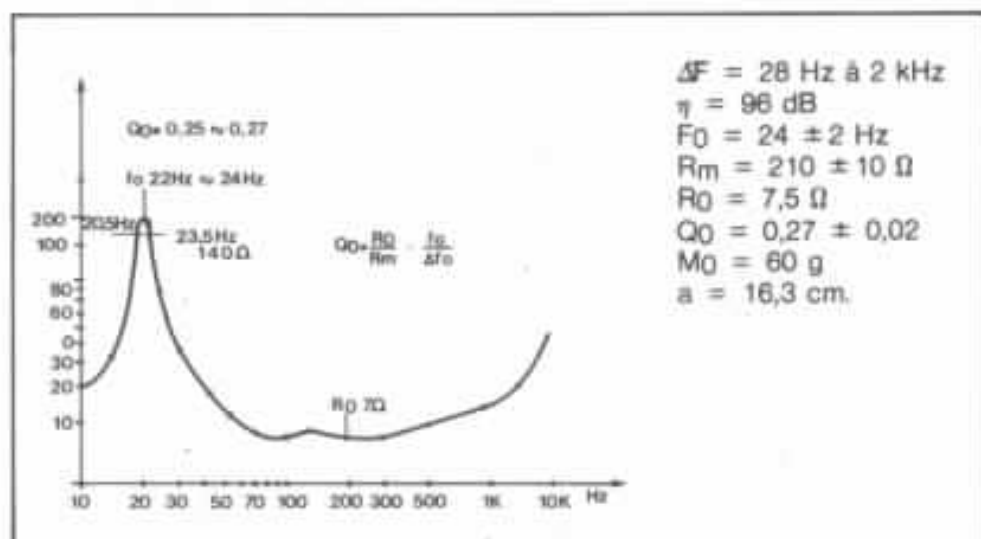


Fig. 7 : Caractéristiques techniques du haut-parleur de grave Onken S-8A.



Le nouveau haut-parleur de grave Onken S-8A. Il est étonnant de constater que M. E. Koizumi a conservé le même saladier léger qui a été tant critiqué dans le haut-parleur Altec 416-8A. Ce saladier doit avoir une bien grande qualité !

dier et un circuit magnétique et il utilise des membranes Altec, celles qui servent à re-membraner les haut-parleurs Altec série 416. Les caractéristiques électriques de ce haut-parleur sont rappelées fig. 7 et la photo permet de juger de la très grande similitude avec le 416-8A bien connu.

Au sujet de l'utilisation, d'une façon plus générale, du 416 ou du 515, M. E. Koizumi conseille de préférence le 416 quand le spectre reproduit doit s'étendre un peu vers le médium. Si la reproduction est limitée à la partie inférieure du spectre, le 515 est suffisant. Dans le bas du spectre, il considère leurs performances comme équivalentes.

6. Le problème des câbles de liaison

Ma première question à M. E. Koizumi au sujet des câbles de liaison a été, on s'en doute : «que pensez-vous des câbles Isoda ?».

Réponse : «Connais pas, je ne les ai pas essayés». J'avoue que j'ai été plus que déçu. En fait, il

semble qu'à l'heure actuelle ces câbles tout nouveau soient beaucoup plus connus en France qu'au Japon où les câbles Hitachi semblent tenir le haut du pavé.

Une chose est certaine, c'est qu'il attache beaucoup d'importance à l'utilisation de câbles dits O.F.C. (Oxygen Free Cable), c'est-à-dire dont le réseau cristallin a été débarrassé de toute trace d'oxygène.

Une autre constatation extrêmement importante, que j'ai pu vérifier avec lui, est l'influence du sens de connexion du câble. Un sens de connexion est préférentiel et donne plus de dynamique à la restitution. Le sens de connexion a beaucoup plus d'importance que la section des brins composant le câble.

Concernant enfin le câble Lucas, bien connu en France, M. E. Koizumi lui reproche d'atténuer un peu les deux extrémités du spectre.

En conclusion

J'espère avoir apporté quel-

ques informations complémentaires aux lecteurs audiophiles qui se posent les mêmes questions que moi sur la mise au point des grands systèmes de reproduction.

Il est clair pour moi que la solution Onken au problème de la reproduction sonore de très haute qualité est une des meilleures solutions et très vraisemblablement la meilleure solution au niveau mondial à l'heure actuelle.

Au cours de cette «visite 1986» au Japon, j'ai pu écouter deux grands systèmes :

— un système à quatre voies, avec la nouvelle enceinte de grave, analogue à celui présenté lors des Journées de la Haute-Fidélité au Sofitel,

— un système à cinq voies dont deux pavillons en béton.

Je crois qu'il est important que je transmette à nos lecteurs quelques informations concernant ces systèmes et surtout mes impressions d'écoute d'audiophile européen. Je m'efforcerai de le faire dans les prochains numéros de l'Audiophile.

**Page non
disponible**

La TQWT équipée du T17FL Triangle

Gérard Chrétien

Dans notre numéro 18, nous publions une interview de Renaud de Vergnette qui lançait alors sa marque d'enceintes acoustiques Triangle. C'était il y a six ans. Depuis, il a fait son chemin et a su imposer un concept de restitution très réaliste basé, entre autres, sur l'utilisation en quasi-large bande du haut-parleur de médium. Avec la Transept, et puis la Zénith, il a dû participer de plus en plus étroitement au développement des haut-parleurs pour parvenir aux résultats qu'ils escomptait. De là est né le premier haut-parleur Triangle, le T 17 FL. Proposé séparément depuis peu, nous avons eu les premiers échantillons en avril. Les qualités de ce «petit» haut-parleur nous ont séduits et encouragés à expérimenter diverses charges pour en tirer le maximum. Dans cet article nous vous proposons une description originale basée sur le principe «TQWT» dont les performances placent cette réalisation à un excellent niveau.

La genèse du haut-parleur Triangle

La firme Triangle a été créée en mai 80. Les premiers projets de développement de haut-parleur remontent à septembre 84. Renaud de Vergnette utilisait, à l'époque, un haut-parleur Audax, le HIF 166. Les qualités de ce transducteur lui plaisaient beaucoup, principalement la texture de la

membrane. Toutefois il pensait qu'une membrane d'un profil plus profond aurait été mieux appropriée à ses applications. Il commença alors à se tourner vers les fabricants de membranes pour essayer de trouver son bonheur. Il découvrit ainsi une membrane d'origine Princeps qui satisfaisait nombre de ses exigences, tant du point de vue profil que du point de vue texture. Partant de cette base, il

fit réaliser de très nombreux prototypes de membranes jusqu'à ce qu'il obtienne celle qui le satisfasse. Possédant la membrane, il commença ses essais sur les moteurs : type d'aimant (Alnico, ferrite), géométrie... Il retint finalement une ferrite de 96 mm comme meilleur compromis. Ensuite il travailla sur la plaque de champ pour se fixer sur une épaisseur de 10 mm égale à la largeur de la

bobine. L'étape suivante porta sur le support de bobine, le matériau utilisé pour sa réalisation a une grande incidence sur le son du haut-parleur. Le nomex allie d'excellentes performances en matière de refroidissement, de légèreté et de rigidité. A l'écoute, ce fut cette matière qui rallia les suffrages. Le fil utilisé pour réaliser la bobine a également son importance, l'aluminium procure une réponse beaucoup plus étendue en fréquence et a donc été sélectionné pour cette raison. Le spider est un élément essentiel dans la construction d'un haut-parleur. Outre, sa compliance, sa transparence acoustique a une grande influence. La plupart des spiders sont opaques. Triangle pour sa part, préféra orienter son choix vers un type plus aéré. La compliance est identique à celle de la suspension périphérique. Restait la pièce maîtresse que constitue le saladier. Il devait satisfaire à la double exigence : rigidité et dégagement optimal vis-à-vis de l'onde arrière. La seule solution pour parvenir à conjuguer ces impératifs était d'avoir recours à un saladier moulé massif, en fonte d'aluminium de profil très dégagé pour éviter toute turbulence dans l'écoulement de l'onde arrière, ainsi le spider vient se placer dans le fond du saladier «à fleur», aucun décrochement ne vient entraver son bon fonctionnement. L'ultime étape consista à faire des essais sur des bicônes. Rares sont les haut-parleurs actuels utilisant cette technique. Celle-ci, à quelques rares exceptions, semblait rester l'apanage des haut-parleurs des années 60. Toutefois, la réponse en énergie d'un haut-parleur est un critère capital au plan perceptif en matière de définition et de transmission d'informations. Dans sa conception large bande, Triangle devait trouver une

solution pour faire «monter» son haut-parleur. Le bicône s'imposait comme une solution à expérimenter. Renaud de Vergnette parvint à la solution définitive en retenant un profil de bicône relativement fermé et d'une longueur bien précise obtenue après maints essais et découpes successives, de sorte qu'à la transition entre le rayonnement de la membrane et celui du bicône, tous deux soient en accord sur les critères de déphasage et de directivité. Ces huit étapes aboutirent à la création du T 17 FL.

Le T 17 FL

Les paramètres fournis par le constructeur sont les suivants :

- $f_0 = 65 \text{ Hz}$,
- $R_{CC} = 6,4 \Omega$,
- $Q_{MS} = 5,12$,
- $Q_{ES} = 0,338$,
- $Q_{TS} = 0,317$,
- $V_{AS} = 29 \text{ l}$,
- $M_{md} = 5 \text{ g}$,
- $\eta = 95,5 \text{ dB/W/m}$,
- h bobine = 10 mm support Nomex,
- Diamètre émissif : 108 mm,

Hauteur entrefer : 10 mm,
Masse totale : 2,3 kg,
Puissance nominale : 40 W.

Pour notre part, nous avons effectué un relevé de paramètres sur deux modèles différents : l'un rodé, l'autre neuf. Nous avons obtenu les résultats suivants :

$f_0 = 64 \text{ Hz}$ et $Q_{TS} = 0,36$ pour le modèle neuf et
 $f_0 = 59 \text{ Hz}$ et $Q_{TS} = 0,30$ pour le modèle rodé.

La courbe d'impédance de ce dernier est donnée en figure 1.

Pour la suite, nos divers essais de charge ont été faits sur le modèle rodé de sorte à obtenir des performances stables dans le temps.

Charge en bass-reflex

La première étape a, bien évidemment, consisté à étudier une charge bass-reflex. Il est clair que pour un haut-parleur de ce diamètre, possédant une fréquence de résonance relativement élevée, une charge optimisée au sens de Thiele-Small, ne pourra procurer un résultat homogène. Le grave sera inévita-

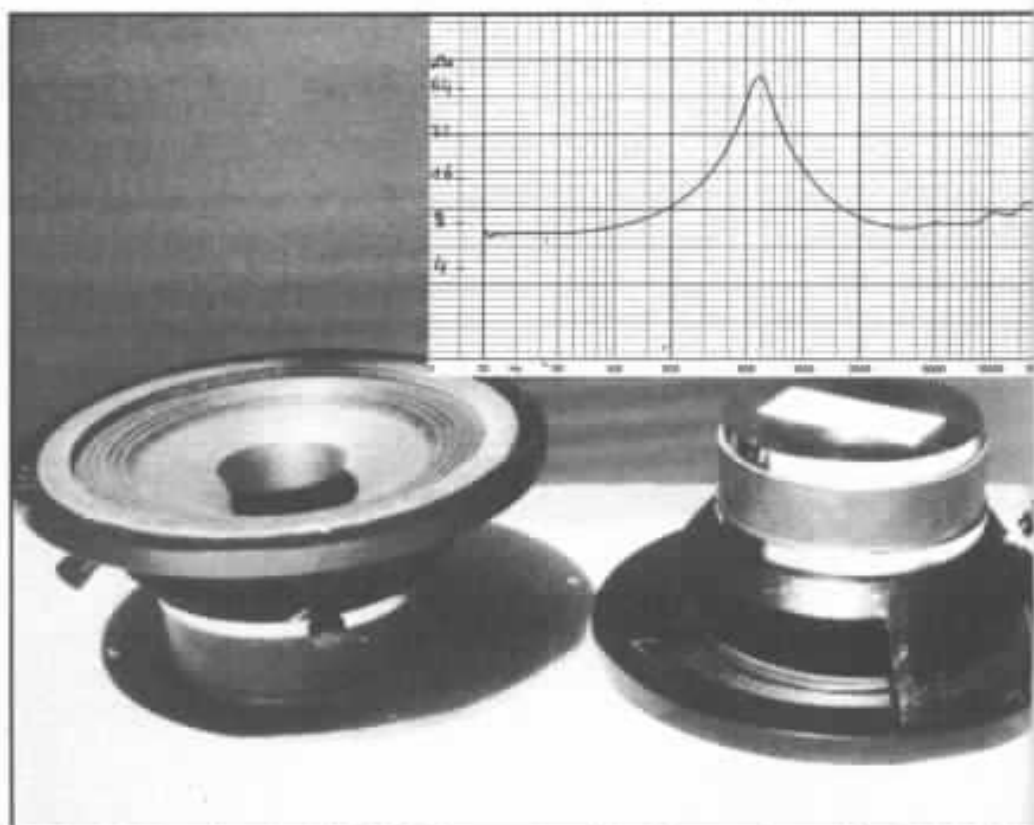


Fig. 1 : Constitution du T 17 FL et courbe d'impédance du modèle rodé (2 Hz à 2 kHz).

blement tronqué. Il fallait travailler différemment, un peu à la manière de FE 103 Fostex pour parvenir à un équilibre tonal satisfaisant. Après divers calculs, nous avons retenu un volume de 51 l (Vb) et une fréquence de résonance de l'enceinte (Fb) de l'ordre de 50 Hz. L'optimisation au sens de Thiele implique une résonance de caisse de près de 80 Hz ($Fb = 0,39 Fb/Q_{TS}$).

Pour un tel accord et un tel volume, l'évent a un diamètre de 76 mm et une longueur de 25 mm (L'v) correspondant à l'épaisseur de la paroi.

Sachant qu'à la longueur d'évent effective, il convient d'appliquer une correction d'extrémité (L''v) pour pondérer, en fonction de la surface de l'évent (Sv), la forme que prend le flux d'air au passage de l'ouverture. Dans le cas présent d'un évent terminé à chacune de ses extrémités par une paroi, on peut considérer que la correction d'extrémité aura pour valeur :

$$L''v = 0,958 \sqrt{Sv}$$

$$= 0,958 \sqrt{\frac{\pi D^2}{4}} = 64,5 \text{ mm}$$

$$\approx 0,065 \text{ m,}$$

soit $L_v = L'v + L''v =$

$$0,025 + 0,065 = 0,09 \text{ m.}$$

La fréquence de résonance d'un résonateur se calcule aisément :

$$Fb = \frac{C}{2\pi} \sqrt{\frac{Sv}{Vb \cdot L_v}}$$

où C est la vitesse du son, soit 344 m/S à 20° C,

$$Fb = \frac{344}{6,28} \sqrt{\frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot Vb \cdot L_v}}$$

$$Fb = \frac{344}{6,28} \sqrt{\frac{3,14 \cdot (0,076)^2}{4 \cdot 51 \cdot 10^{-3} \cdot 0,09}}$$

$$= 54,44 \text{ Hz.}$$

La mesure de la courbe d'impédance montre une excellente concordance avec le calcul (fig. 2). Les dimensions internes de l'enceinte utilisée pour ces essais étaient de 60 cm de hau-

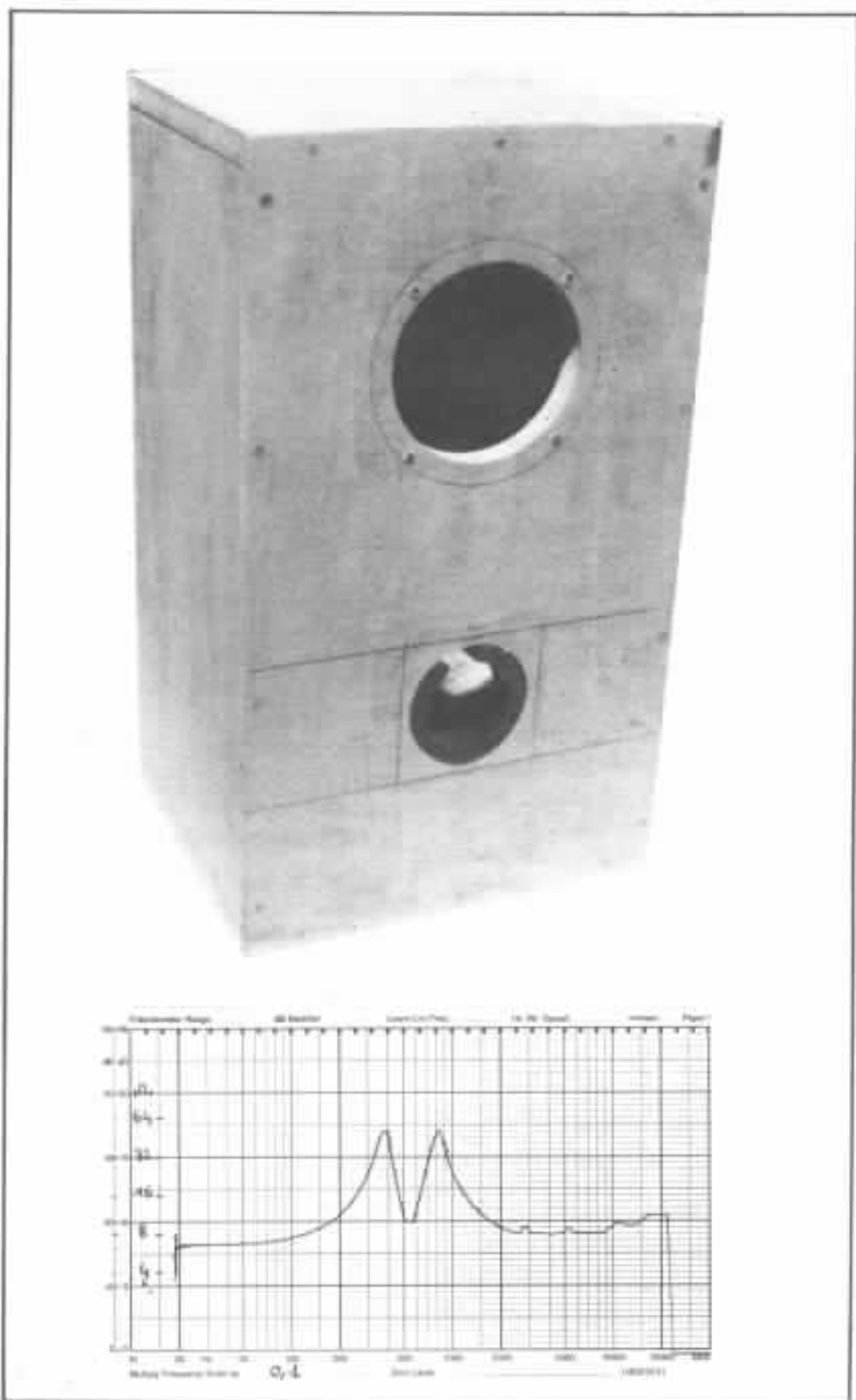


Fig. 2 : Prototype de charge bass-reflex. L'enceinte a pour dimensions internes 60×32×27 cm, l'évent a pour diamètre 7,6 cm et pour profondeur 2,5 cm. La courbe d'impédance indique une résonance de boîte de 55 Hz (2 Hz à 2 kHz).

teur, 32 cm de largeur et 27 cm de profondeur. Les parois étaient d'une épaisseur de 25 mm. Le volume est très légèrement supérieur au Vb mentionné plus haut, toutefois il convient de retrancher le volume

occupé par le haut-parleur qui est de l'ordre du litre. Un rideau de feutre vertical faisait office d'amortissement.

Les écoutes effectuées sur ce prototype se sont avérées très probantes. Une excellente défini-

tion alliée à une surprenante dynamique. Le registre grave est d'excellente qualité avec une capacité étonnante de tenue en puissance pour un haut-parleur de si petit diamètre. Seule restriction, une légère tonique de «tuyau» particulièrement sensible sur une voix d'homme. Ce défaut est très vraisemblablement inhérent aux proportions de l'enceinte utilisée pour ces essais.

Ces premiers tests, on ne peut plus encourageants, nous ont motivés pour aller encore plus loin dans notre projet. Pour ce faire, nous avons pensé à une charge de type TQWT qui, au vu des paramètres du haut-parleur T 17 FL semblait judicieuse.

Charge TQWT

Principe

Il s'agit d'une charge constituée par un tube évasé réglé en quart d'onde (en anglais : tapered quarter wave tube, d'où le sigle TQWT). Cette idée n'est pas nouvelle et remonte aux années trente. Elle est à porter au crédit du célèbre Paul Voigt, notoriété s'il en est dans le domaine de l'électroacoustique. Comme le mentionne Jean Hiraga dans son livre «Les haut-parleurs», pages 237 à 240, ce principe de charge est réapparu occasionnellement dans les colonnes de la presse, anglaise plus particulièrement. Toutefois, hormis la Paraline (1963), quasiment aucune enceinte commerciale n'utilisa ce principe. Il convient cependant de mentionner deux autres réalisations plus récentes ayant eu recours au TQWT : la Tallboy au Japon sous l'initiative de Jean Hiraga et l'Audioreference 50 de Jean-Claude Fourrière qui fit un «tabac» à la fin des années 70 en France.

Pour la préparation de cet article, nous nous sommes particulièrement intéressé à la bibliographie ayant trait à la théorie de ce type de charge. Malheureusement,

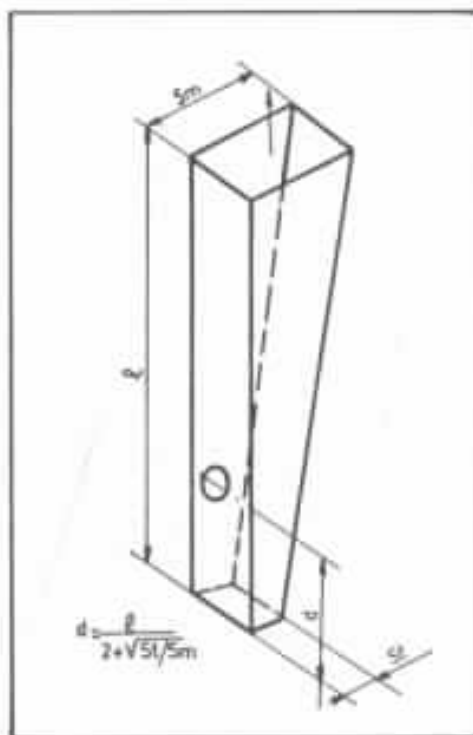


Fig. 3 : Principe de l'enceinte TQWT. (Livre «Les Haut-parleurs», Jean Hiraga).

malheureusement, nous sommes restés sur notre faim. Deux formules apparaissent dans les divers articles : la fréquence de résonance

$$f = \frac{c}{4(l+e)}$$

où c est la vitesse du son dans l'air, l est la longueur du tuyau formant la ligne quart d'onde et e la correction d'embouchure relative à l'évent terminant le quart d'onde ayant pour rôle d'amortir la résonance.

Et l'expression donnant le positionnement optimal du haut-parleur dans la ligne

$$d = \frac{l}{2 + \sqrt{St/Sm}}$$

où St est la section la plus réduite du tuyau et Sm la surface de sortie du tuyau la plus importante. d est à considérer à partir du début du tuyau, c'est-à-dire à partir de la plus petite surface St (cf. figure 3).

Rappelons qu'un tuyau quart d'onde ($l = \lambda/4$) au plan acoustique, peut être assimilé à un résonateur, le côté ouvert du tuyau présente un ventre de vitesse vibratoire et donc de pression et le côté fermé, lui, présente un nœud.

Dans le TQWT, le tuyau est évasé vers l'ouverture de sorte à abaisser la surtension à la résonance. Si la formule de calcul de la fréquence de résonance coule de source, celle déterminant le positionnement du HP dans le tuyau est moins évidente quant à son fondement théorique. Toutefois, comme en acoustique les données d'ordre expérimental ont souvent valeur de postulat, nous nous en tiendrons à la pratique !...

• Application du TQWT au T 17 FL

La fréquence d'accord d'une enceinte TQWT est liée directement à la longueur du tuyau. Pour 30 Hz, il faut une longueur de près de 3 m. Dans le TQWT, pour des raisons bien évidentes d'encombrement, la ligne est repliée, de sorte à diviser par deux les dimensions externes. Une hauteur d'enceinte de l'ordre du mètre est un bon compromis. Le haut-parleur se trouve placé à une bonne hauteur vis-à-vis de l'auditeur. A noter que le TQWT trouve son intérêt avec des haut-parleurs de diamètre moyen, de 10 à 21 cm, de conception large bande, rayonnant une très large partie du spectre et devant par là être positionné convenablement pour la restitution du médium et du haut-médium. Le type de charge implique une forme en colonne qui offre de sérieux avantages d'encombrement et d'esthétique. Nul besoin d'avoir recours à un piètement pour placer l'enceinte correctement.

Comme nous l'avons vu, le T 17 FL résonne aux environs de 60 Hz. Un accord de la charge à 50 Hz est un bon compromis pour l'obtention d'une balance tonale équilibrée. Il serait utopique de vouloir restituer de l'infra-grave avec un 17 cm.

Nous avons retenu une longueur de 1,7 m pour notre TQWT. Sa fréquence de résonance est donnée par :

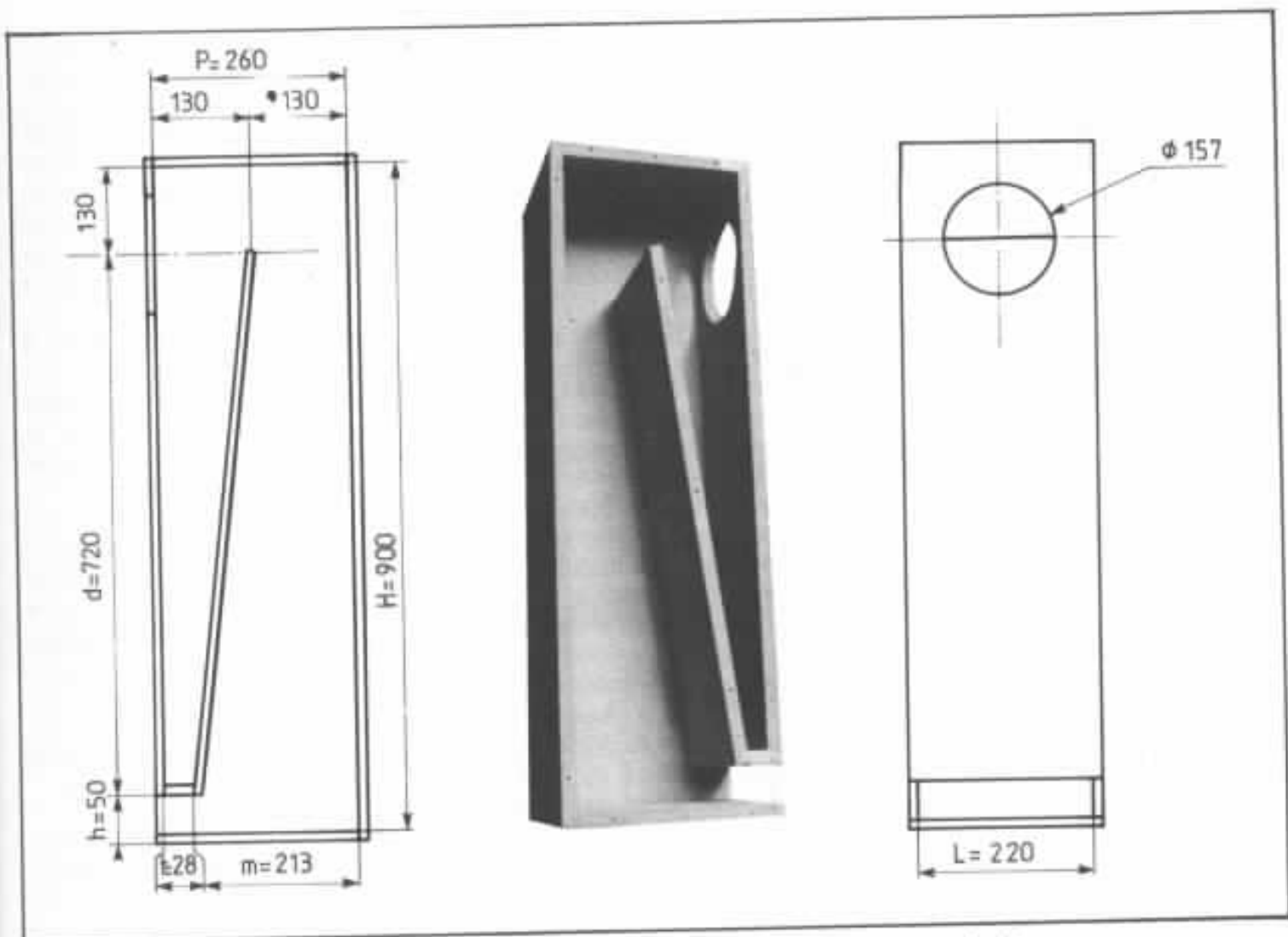


Fig. 4 : L'enceinte TQWT étudiée pour le T 17 FL. Toutes les parois ont une épaisseur de 19 mm.

$$f = \frac{c}{4(l+e)}$$

$$l = 1,70 \text{ m}$$

$$c = 344 \text{ m/s,}$$

et e correction d'extrémité qui peut raisonnablement être évaluée à 0,1 m.

Cela nous donne une fréquence de 48 Hz. De là, nous avons déterminé les dimensions de notre enceinte expérimentale. La hauteur a été fixée à 900 mm sachant qu'à l'embouchure de la ligne quart d'onde, un évent doit être placé. La hauteur de celui-ci a été fixée à 50 mm ($170/2 + 50 = 900$ mm), de sorte à avoir une latitude de manœuvre suffisante pour régler l'accord. La profondeur de l'enceinte a été fixée à 260 mm et la largeur à 220 mm. Toutes ces dimensions sont des dimensions internes.

Le positionnement du HP a été choisi de sorte à le dégager le plus possible des réflexions de la

paroi transversale interne, soit 130 mm du haut de l'enceinte.

Sachant que

$$d = \frac{1}{2 + \sqrt{St/Sm}}$$

$$\frac{St}{Sm} = \left(\frac{1}{d} - 2\right)^2$$

$$= \left(\frac{1,7}{0,85 - 0,13} - 2\right)^2 = 0,13$$

Dans notre cas, la largeur L du tube quart d'onde est constante et égale à 220 mm.

$$\frac{St}{Sm} = \frac{L \times t}{L \times m} = \frac{t}{m} = 0,13$$

Or, la profondeur

$$P = t + m + a = 260 \text{ mm}$$

a étant l'épaisseur de la paroi transversale = 19 mm. On en déduit donc :

$$m = \frac{260 - 19}{1,13} = 213 \text{ m}$$

et $t \approx 28$ mm.

Nous possédons toutes les cotes de notre enceinte (fig. 4).

Ouvrons une parenthèse : comme nous l'avons précédemment mentionné, un tuyau quart d'onde peut être assimilé à un résonateur. Beaucoup de personnes font une distinction marquée entre un quart d'onde et un bass-reflex. Ce n'est pas tout à fait justifié car si l'on considère notre figure 4, en tant que résonateur sa fréquence de résonance est donnée par :

$$F_b = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{S_v}{V_b \cdot L_v}}$$

S_v : surface d'évent $S_v = h \times L$

V_b : volume de l'enceinte

$$V_b = H \times L \times P$$

L_v : longueur d'évent

$$L_v = L'v + L''v.$$

Pour $L'v$, on considère le trajet moyen de l'onde sonore, soit :

$$\frac{213}{2} + 2 \times 19 + 28 = 172,5 \text{ mm}$$

$$L'' \approx \sqrt{Sv} = \sqrt{50 \times 220} \\ \approx 100 \text{ mm}$$

Soit $L_v \approx 270 \text{ mm}$.

Nous obtenons :

$$F_b = \frac{344}{2\pi} \sqrt{\frac{0,05}{0,85 \cdot 0,26 \cdot 0,27}} \\ \approx 50 \text{ Hz.}$$

Nous retrouvons à 2 Hz près la fréquence de résonance calculée précédemment. Il faut prévoir une fréquence expérimentale légèrement plus élevée sachant que dans V_b nous n'avons pas déduit les volumes occupés par la paroi transversale et le haut-parleur.

• Les mesures et la mise au point

N'ayant pas une chambre sourde très vaste à notre disposition pour effectuer des mesures de réponse en pression en fonction de la fréquence suffisamment fines et significatives dans le grave, nous avons travaillé sur les courbes d'impédance qui, comme nous le verrons, offrent une analyse très précise des phénomènes.

Pour commencer nos expérimentations, nous avons placé le T 17 FL rodé dans l'enceinte sans aucun amortissement interne. La mesure de l'impédance est donnée en figure 5. Comme prévu, on retrouve une courbe type à deux bosses caracté-

éristique d'un couplage du haut-parleur à une charge accordée. Le creux entre les deux bosses indique la fréquence de cet accord, soit environ 60 Hz. Comme indiqué préalablement, cette valeur est légèrement supérieure à celle fournie par les calculs. A noter sur cette courbe, trois résonances parasites à 140 Hz, 220 Hz et 320 Hz dues à des réflexions internes.

Nous avons ensuite travaillé méthodiquement pour supprimer ces trois résonances. En figure 6, nous avons amorti avec une petite pièce de feutre le paroi transversale juste à l'arrière du haut-parleur. On notera l'amélioration significative. Ensuite, en figure 7, nous avons amorti très légèrement le fond du «V», là aussi gain appréciable, la résonance à 320 Hz a disparu. Poursuivant notre traitement, le coin supérieur du fond de l'enceinte est traité, ce n'est pas spectaculaire (figure 8). Idem pour la figure 9 où c'est au tour du coin inférieur du fond de l'enceinte d'être traité. Un essai en figure 10 d'amortissement de la paroi transversale côté embouchure, sans succès. Par souci d'économie, le feutre est retiré. Toutefois, chacun des traitements de la figure 6 à la figure 9 sont conservés. Ensuite, le traitement de la figure 7 est supprimé, comme on le voit en figure 11, la résonance

à 320 Hz réapparaît, cela malgré les autres traitements. Du coup, nous essayons un traitement plus énergique sur le «V», le résultat est indiqué en figure 12. Nous tenons le bon bout. En figure 13, nous avons encore accru l'amortissement «V», la courbe d'impédance est lisse et la résonance principale à 80 Hz est sérieusement amortie. Nous revenons à la configuration de la figure 12 et plaçons un rideau de feutre dans le prolongement vertical de la paroi interne, très bon résultat comme l'indique la figure 14, les pics de résonances parasites ont pratiquement disparus sans que la résonance principale ne soit vraiment affectée. Cela a son importance, car elle est significative du fonctionnement du haut-parleur. Inévitablement une résonance «écrasée» se traduira par un son moins «libre», voire étouffé.

Par acquis de conscience, nous avons expérimenté le dernier traitement sur le fond de l'enceinte en figure 15 sans incidence appréciable. Avant de nous attaquer à l'évent, nous avons voulu vérifier si un effet de sol apparaissait lorsque l'enceinte était posée au sol. En figure 16, on note qu'il n'en est rien. Fort heureusement, cette enceinte a été conçue pour être posée à même le sol...

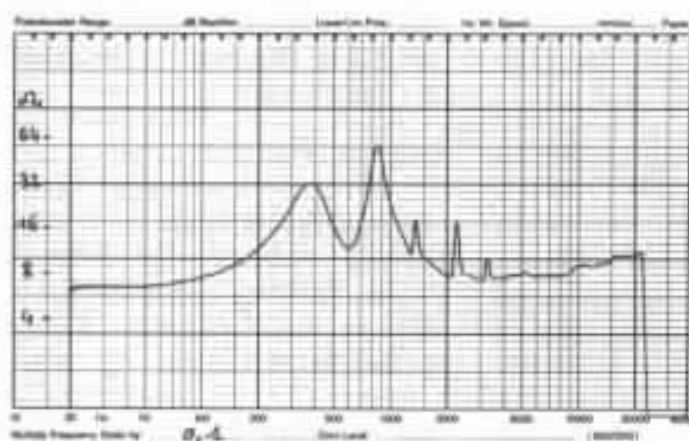


Fig. 5 : Courbe d'impédance de la TQWT sans aucun amortissement (2 Hz à 2 kHz).

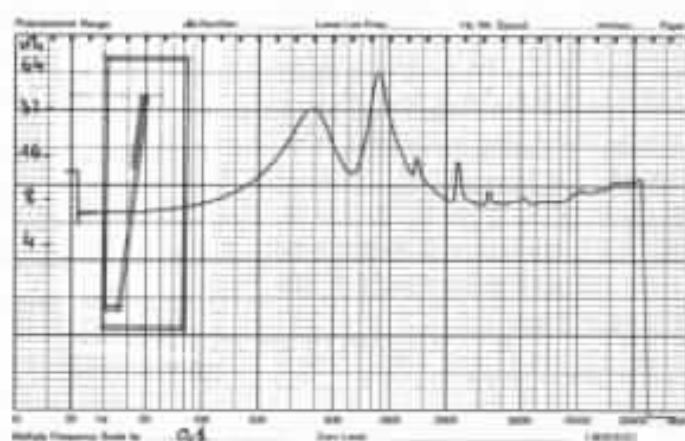


Fig. 6 : Courbe d'impédance de la TQWT avec amortissement à l'arrière du H.P. (2 Hz à 2 kHz).

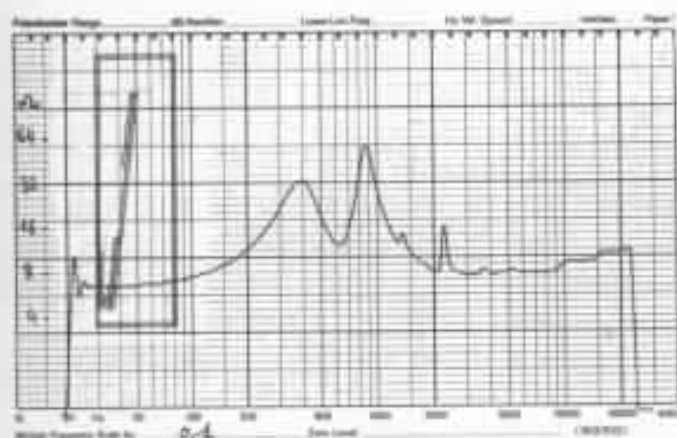


Fig. 7 : Mêmes conditions que la figure 6 + léger amortissement au fond du «V».

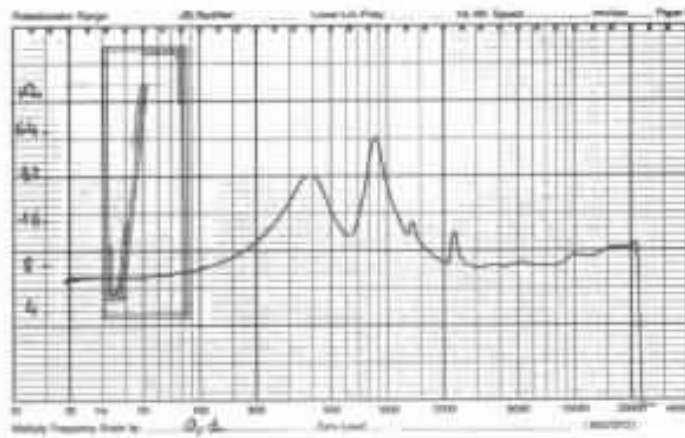


Fig. 8 : Mêmes conditions que la figure 7 + amortissement du coin supérieur du fond.

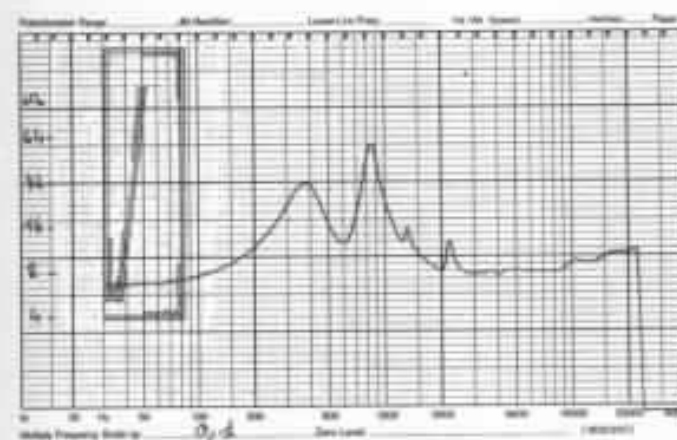


Fig. 9 : Mêmes conditions que la figure 8 + amortissement du coin inférieur du fond.

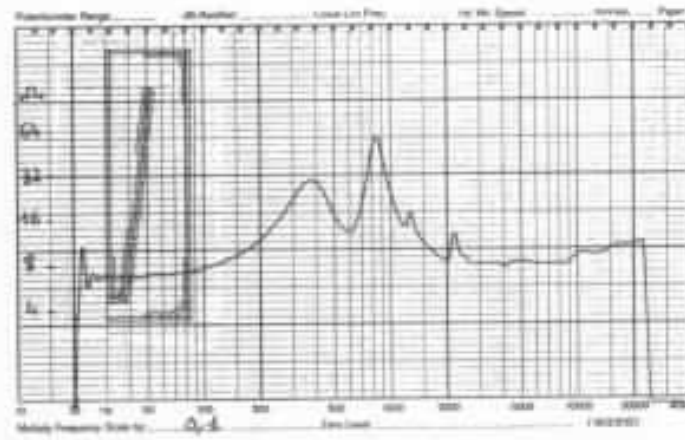


Fig. 10 : Mêmes conditions que la figure 9 + amortissement du dos de la paroi transversale.

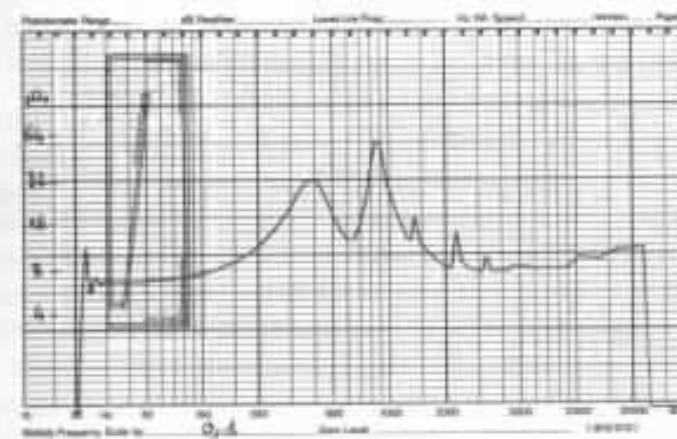


Fig. 11 : Mêmes conditions que la figure 9 avec suppression de l'amortissement au fond du «V».

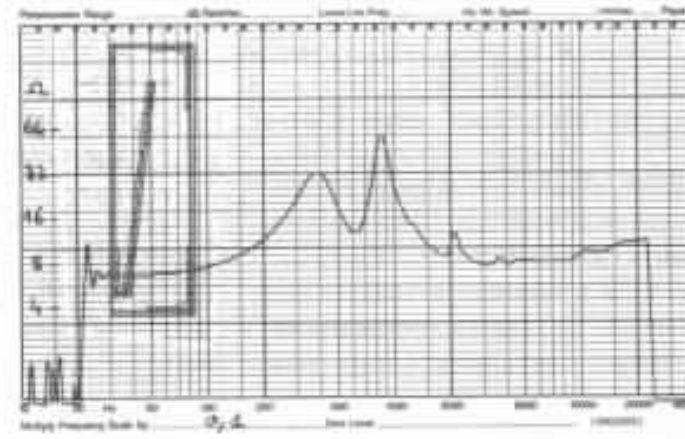


Fig. 12 : Mêmes conditions que la figure 9 + amortissement accru du «V».

Après cette première phase d'essais, nous avons retenu la configuration de la figure 12 visualisée par la photo de la figure 17. Sur cette base, nous avons travaillé sur la hauteur d'évent que l'on avait prévu initialement relativement élevée pour nous permettre une large

latitude d'expérimentation. Les résultats sont regroupés sur la figure 18 où nous avons tracé les courbes d'impédance pour un évent ouvert, $h = 50$ mm pour mémoire, un évent fermé pour indication et enfin l'ouverture retenue après avoir introduit dans l'évent deux épaisseurs de

feutre (soit $h = 30$ mm). Sur cette dernière courbe, on note que la fréquence d'accord a baissé de près de 10 Hz pour atteindre les 50 Hz escomptés dans notre approche théorique. Bien d'autres essais furent faits, mais leur reproduction ne présente strictement aucun intérêt.

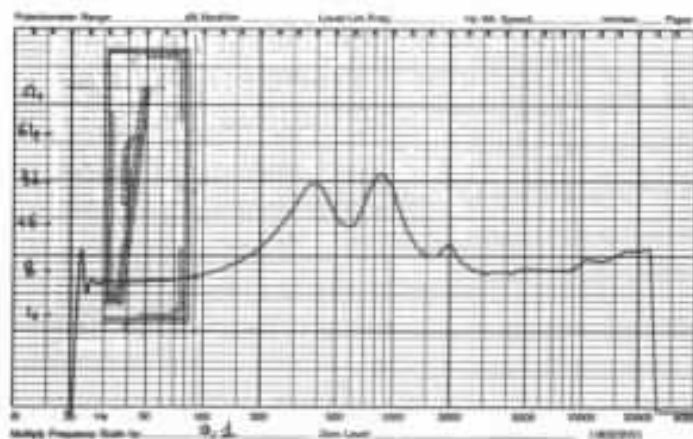


Fig. 13 : Mêmes conditions que la figure 12 + amortissement plus important du «V».

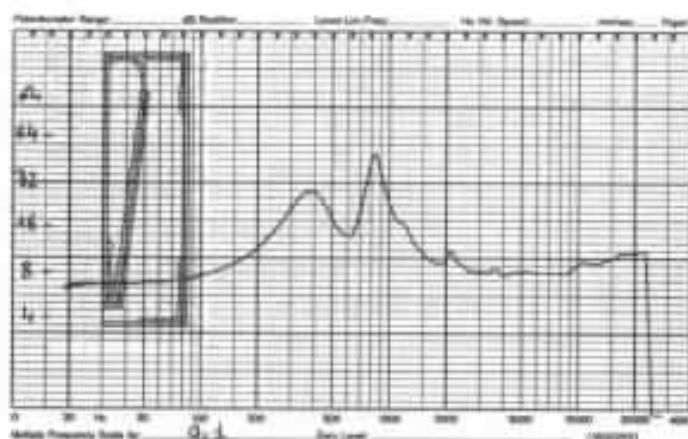


Fig. 14 : Mêmes conditions que la figure 12 + rideau à l'arrière du H.P. C'est la configuration qui a été retenue.

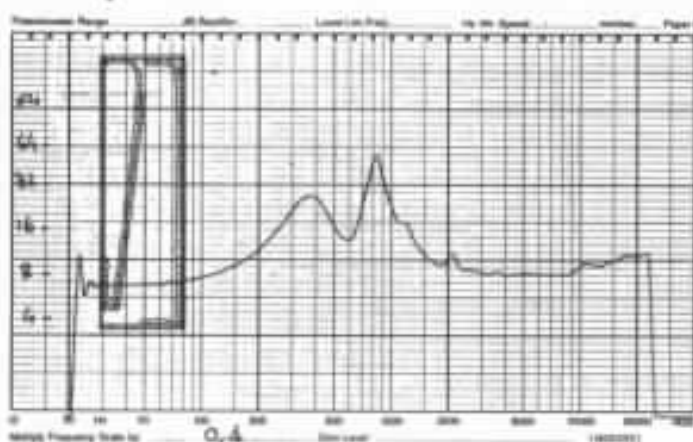


Fig. 15 : Mêmes conditions que la figure 14 + amortissement du fond.

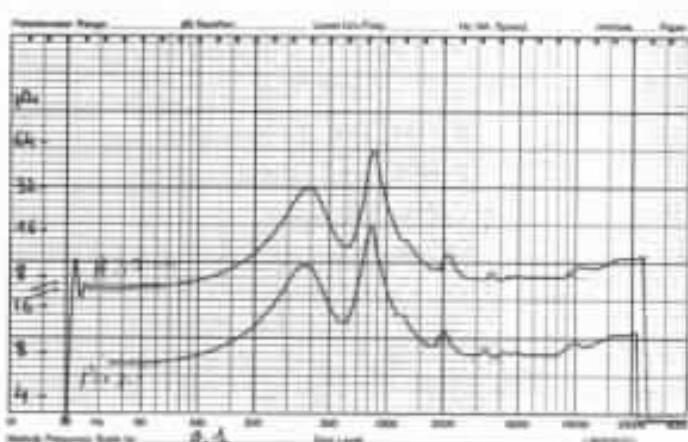


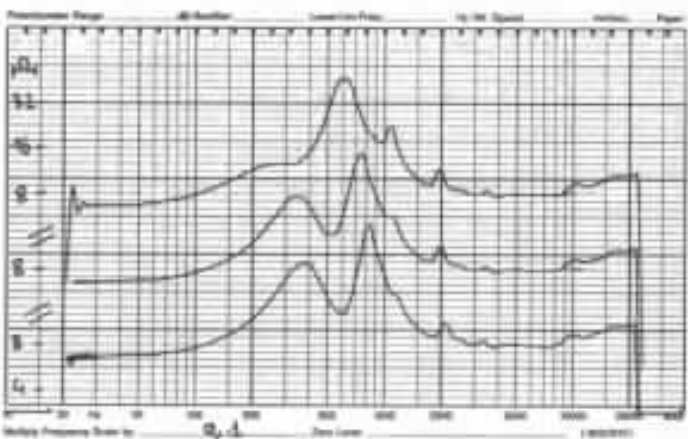
Fig. 16 : Mesure de l'impédance. En bas, l'enceinte est posée sur le sol. En haut, l'enceinte est relevée de 30 cm. La courbe est identique.

Validation subjective

Après cette phase expérimentale, il convenait de reprendre tous ces essais lors d'expérimentations subjectives. L'utilisation de serre-joints comme indiqué en figure 19 a beaucoup facilité les choses en évitant des vissages et dévissages fastidieux d'une des parois latérales. Ainsi, de très nombreux essais purent être faits. Nous nous limiterons aux conclusions. Trois personnes ont participé aux tests d'écoute. Divers disques furent utilisés et plus particulièrement un disque de contrebasse jouée à l'archet particulièrement révélateur des toniques, de la justesse du grave et de la définition.

Nous pouvons résumer les impressions recueillies sur les trois paramètres les plus signifi-

Fig. 18 : Influence de la hauteur d'évent sur la courbe d'impédance. En bas, événement ouvert, en haut événement fermé, au milieu solution retenue ($h = 30$ mm).



catifs : ouverture de l'évent, amortissement du «V», rideau à l'arrière du HP.

a) **Ouverture de l'évent** : l'évent fermé se traduit par un extrême-grave tronqué, voire absent. L'évent ouvert au maximum ($h = 50$ cm) «gonfle» la restitution exagérément. L'évent plus deux épaisseurs de feutre

($h = 30$ mm) est celui qui donne le meilleur équilibre.

b) **Amortissement du «V»** : très amorti, la restitution est moins expressive, tendance au son étouffé, compressé. Pas amorti : son trop «arraché», tendance à la coloration. Amortissement moyen (fig. 17) : le meilleur équilibre entre neutralité et défini-

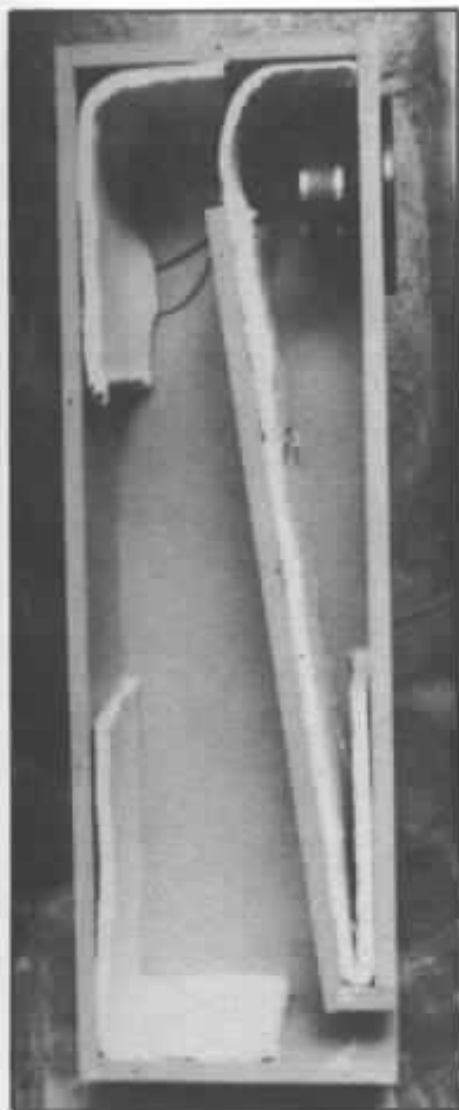


Fig. 17 : Vue de la configuration d'amortissement retenue (courbe d'impédance de la figure 14).

tion.

c) **Rideau arrière HP** : sans rideau : son gonflé dans le bas médium, tendance à la coloration. Avec rideau : bas médium bien «dosé» par rapport au grave, très bon équilibre.

Comme on le voit, l'expérimentation subjective corrèle parfaitement les choix retenus lors des mesures. Point séduisant, ce type d'enceinte offre une latitude de réglage et de mise au point tout à fait inhabituelle. L'amateur pourra, sur la base des éléments donnés précédemment en tant que repères, «travailler» son enceinte pour l'adapter à ses exigences, ses goûts et aussi à son local en ayant l'opportunité de jouer à son gré sur le grave ou le bas

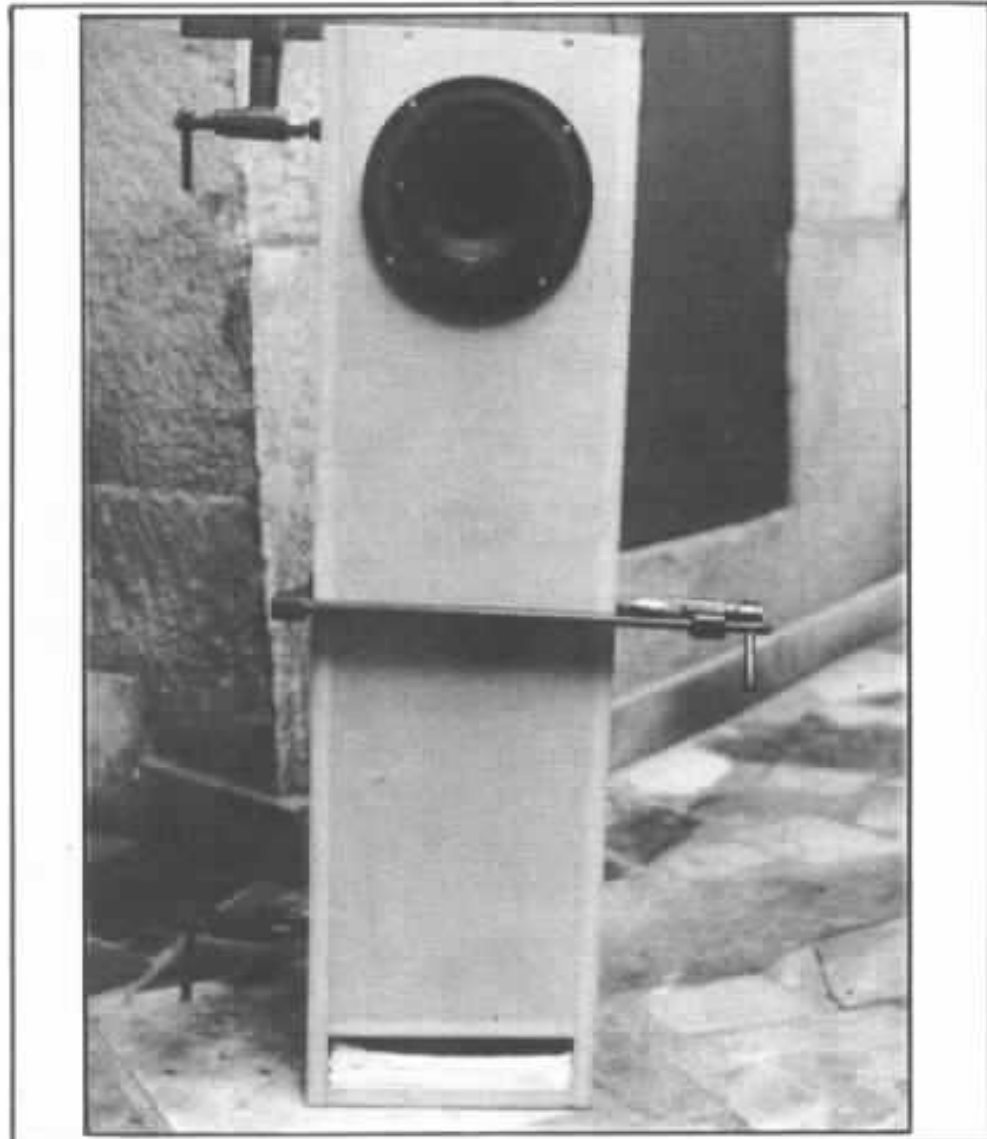


Fig. 19 : Des serre-joints ont été utilisés pour effectuer les mesures et les écoutes afin de pouvoir ouvrir aisément l'enceinte en ouvrant une paroi latérale.

médium sans qu'il y ait réellement d'interaction entre ces registres.

• Le haut du spectre

Nous nous sommes consacrés jusqu'à présent au registre grave et bas médium. Certes, c'est un point important pour la mise au point d'une enceinte et la définition de sa charge. Cela n'est toutefois en rien suffisant. Cependant, avant de nous aventurer dans une série de tests quelque peu fastidieux, nous avons effectué des écoutes en large bande du haut-parleur. Le T 17 FL est un remarquable haut-parleur procurant une restitution très expressive et très vivante. Sa définition le place dans le peloton de tête des haut-parleurs à cône.

Bien sûr, la TQWT peut être utilisée telle quelle avec le T 17 FL en «solo». Cependant, les qualités du grave au haut-médium sont telles que nous n'avons pas résisté à doter cette enceinte de l'aigu qu'elle méritait. Le Technics 5HH10, bien connu de nos lecteurs, était un choix qui s'imposait. Son mariage remarquable avec le PM6 Lowther, nous a guidé sachant que le T 17 FL est un haut-parleur dont la philosophie est très proche.

Le 5HH10 est positionné juste en dessous du T 17 FL côté extérieur (donc montage symétrique en stéréo).

Le choix de la fréquence de coupure s'est porté sur 8 000 Hz, pour préserver au maximum la

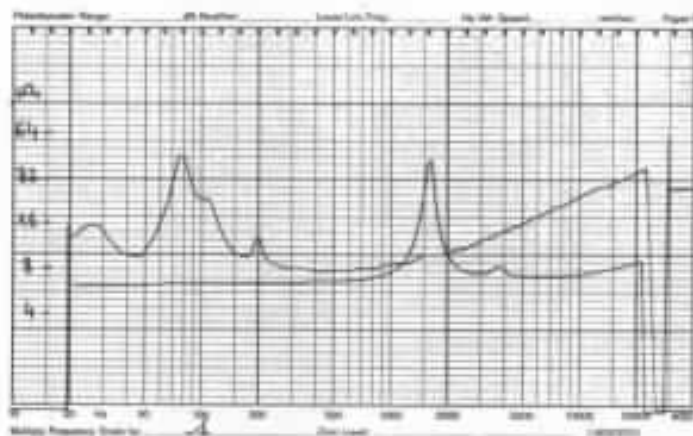


Fig. 20 : Courbes d'impédance de 20 Hz à 20 kHz du T 17 FL chargé en TQWT et du 5HH10.

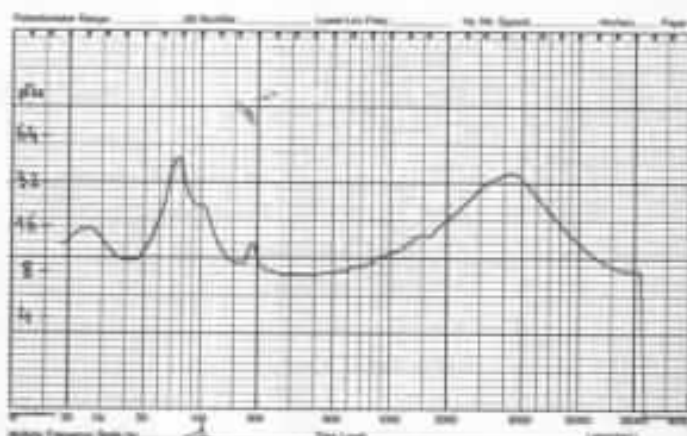


Fig. 21 : Courbe d'impédance de l'enceinte filtrée à 6 dB ($L = 0,5$ mH sur le T 17 FL et $C = 1,5$ μ F sur le 5HH10).

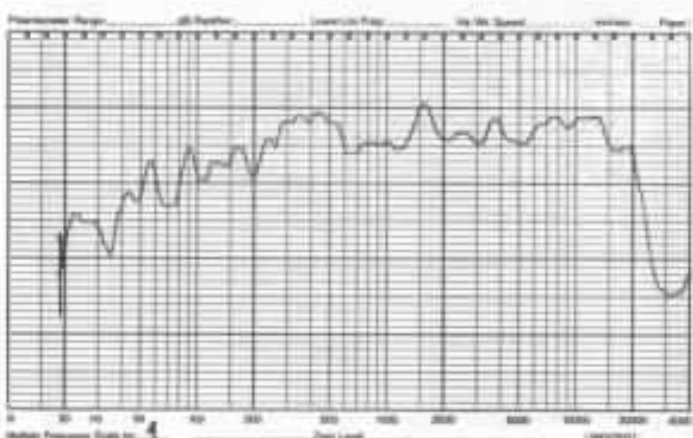


Fig. 22 : Courbe de réponse de l'enceinte en milieu semi-réverbérant. On remarquera l'excellente homogénéité, aucun accident marqué dû au bicône n'apparaît. La réponse dans le grave en-dessous de 200 Hz n'est réellement significative compte tenu des conditions de mesure. Toutefois, on notera qu'il n'y a pas de coupure brutale dans ce registre.

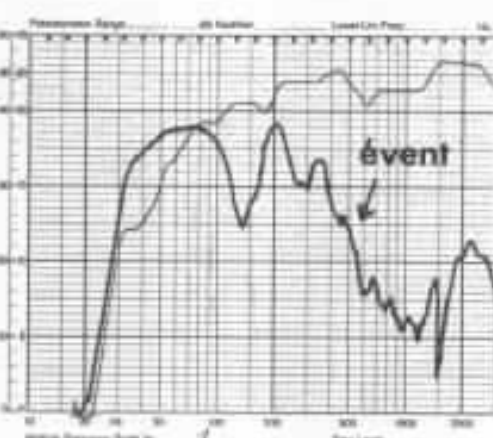


Fig. 22 bis : Courbe de réponse de l'enceinte dans le grave, mesure faite en proximité. On notera la réponse du haut-parleur et celle de l'évent qui ramène un niveau conséquent entre 35 Hz et 70 Hz.

reproduction large bande avec les avantages qu'elle offre en matière d'homogénéité et de spatialisation. Au vu des courbes d'impédance du T 17 FL et du 5HH10 données en figure 20, on note qu'à 8 000 Hz, l'impédance du Triangle est de 21 Ω , celle du Technics de 8 Ω . Un filtrage à 6 dB implique une valeur de self de

$$L = \frac{Z}{2\pi F} = \frac{21}{2\pi \cdot 8\,000} = 0,42 \text{ mH}$$

et une valeur de capacité de

$$C = \frac{1}{2\pi F Z} = 2,4 \mu\text{F}$$

Après divers essais, nous avons retenu une valeur de self de 0,5 mH et une valeur de capacité de 1,5 μ F. La courbe d'impédance de l'enceinte ainsi filtrée est donnée en figure 21. le tweeter est naturellement atténué d'environ 5 dB avec un potentiomètre à impédance constante qui offre une bonne latitude de réglage pour s'adapter aux conditions acoustiques du local. Pour les lecteurs désireux de calculer leur atténuation, rappelons :

Atténuation dB =

$$20 \log \frac{R_2 \cdot Z_{HP}}{R_1(R_2 + Z_{HP}) + Z_{HP} \cdot R_2}$$

Ainsi, dans le cas du 5HH10, $Z_{HP} = 8 \Omega$. On pourra choisir $R_2 = 10 \Omega$ et $R_1 = 3,3 \Omega$.

Nous vous communiquons en figure 22 la courbe de réponse de l'enceinte ainsi réalisée. Cette mesure a été effectuée en milieu semi-réverbérant. On notera que, malgré l'utilisation d'un bicône, aucun accident marqué n'apparaît. La réponse dans le grave n'est pas réellement significative compte tenu des conditions de mesures.

• La réalisation

L'enceinte est réalisée en Iso-rel médium (même type de maté-



Fig. 23 : La TQWT avec le tweeter 5HH10.

riau que celui utilisé pour la petite Audiophile). Toutes les parois sont en 19 mm assemblées blées collées et vissées. Il conviendra de veiller à une parfaite étanchéité, le long de la paroi transversale interne plus particu-

lièrement. Le T 17 FL est monté par l'avant avec un joint d'étanchéité. La hauteur d'évent pourra être réduite à 30 mm pour éviter d'avoir recours à des «bouchons» en feutre peu esthétiques. Toutefois attention, vous

limiterez dans vos latitudes de réglage* (des cales en bois de même finition que l'enceinte et donc moins voyantes peuvent faire l'affaire).

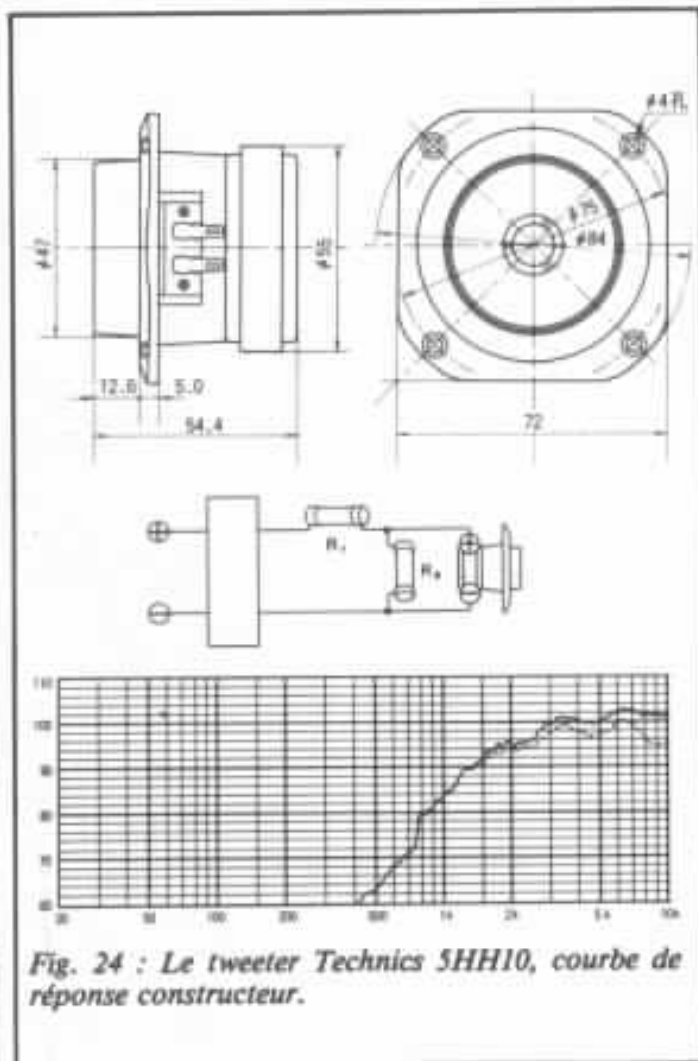


Fig. 24 : Le tweeter Technics 5HH10, courbe de réponse constructeur.

**Page non
disponible**

Amplificateurs monotriodes de puissance Aspects pratiques

William Walther

Décrits dès le n° 1 de l'Audiophile (octobre 77), les montages monotriodes ont suscité un vif intérêt auprès de nos lecteurs qui n'a d'ailleurs cessé de croître. Un tube comme le WE 300 B, inconnu alors, est devenu pour certains audiophiles un véritable mythe, une référence absolue difficilement surpassable. Les récentes écoutes que nous avons faites (Confluence juin 85 et Sofitel mars 86) ont encore renforcé le prestige de ces montages auprès d'un public de plus en plus large. Aussi suite à la sortie du dernier livre de Jean Hiraga, il nous a paru opportun de traiter de la réalisation de ces amplificateurs sous leurs aspects concrets : choix des tubes, disponibilité, schémas possibles, composants passifs, châssis, câblage, etc.

Lorsqu'on parle d'amplificateur à étage de puissance monotriode, il est bien sûr, impossible de ne pas citer le nom de Jean Hiraga. C'est lui qui, le premier en France, nous a fait (re)découvrir les qualités oubliées des tubes triodes (démonstration à l'hôtel Nikko en 79). Il a, grâce à ses divers articles parus dans ces colonnes (n° 1, 9, 10, 14), ainsi qu'à son dernier livre «Initiation aux amplificateurs à tubes», su créer en France une véritable école : les «inconditionnelles des réalisations mono-

triodes».

Nous-mêmes avons souvent utilisé ses conseils et tenons à le remercier pour sa précieuse aide.

A. Principe de fonctionnement

Le présent article n'a pas pour but d'aborder l'aspect théorique de tels montages, celui-ci ayant déjà été évoqué dans la revue.

Comme on peut le voir sur la figure 1, la réalisation d'un ampli utilisant le tube 2A3, montage Loftin-White, fait appel à

un schéma de principe d'une très grande simplicité. En effet deux étages suffisent dans la plupart des cas pour obtenir la puissance désirée. Bien sûr, cette puissance ne pourra jamais être très grande (2 à 15 watts) ce qui rend obligatoire l'utilisation de haut-parleurs à haut rendement.

Les lecteurs qui nous suivent depuis les premiers numéros, auront compris que pour nous ce critère est d'une grande importance ; c'est une constante des réalisations proposées dans la revue.

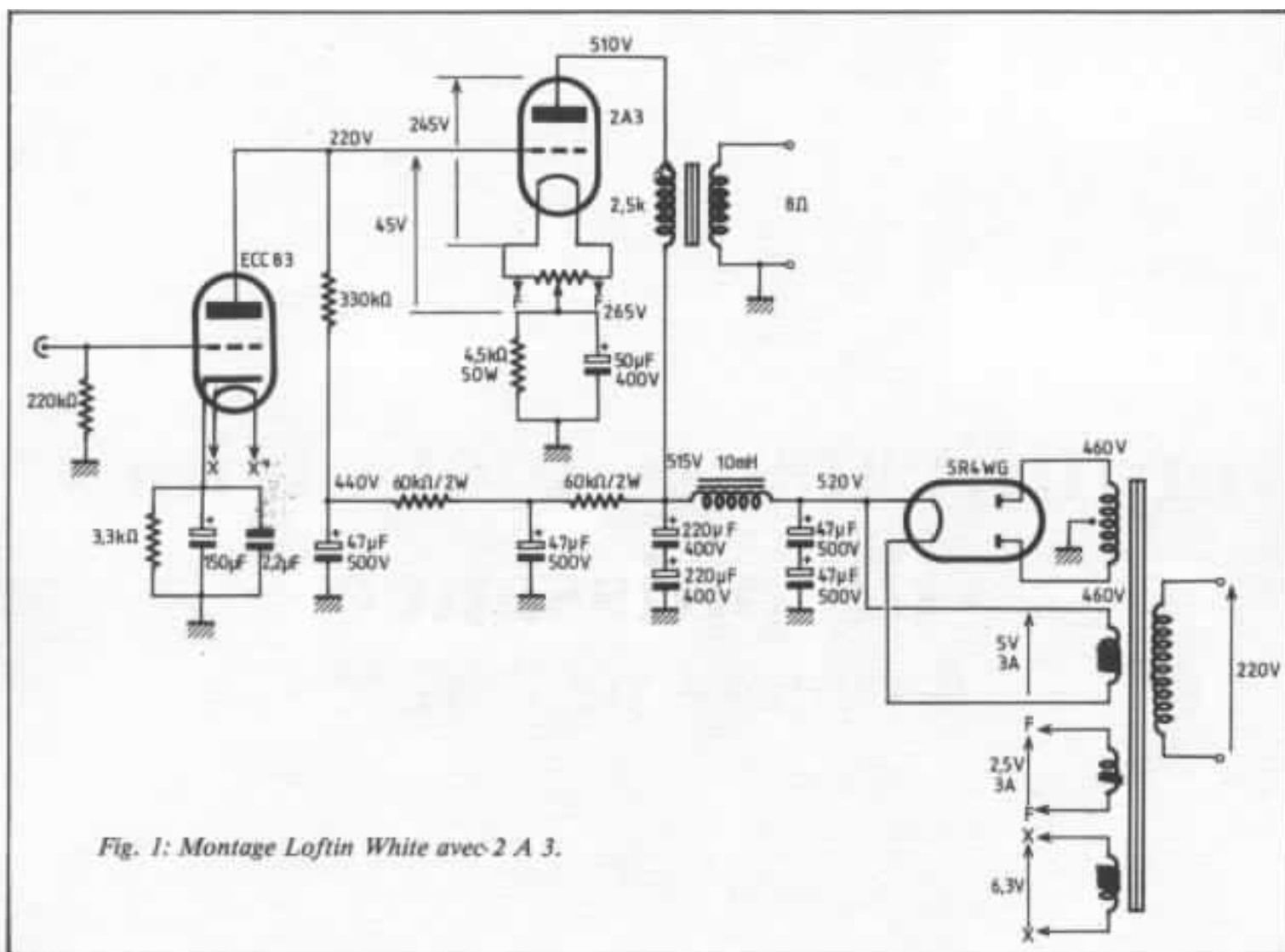


Fig. 1: Montage Loftin White avec 2 A 3.

Pour bien expliquer les choses, nous vous rappellerons qu'un amplificateur à tube de sortie est constitué de six éléments principaux (photo n° 2).

- **un tube T1** : triode ou pentode, le premier étage peut utiliser différents montages : SRPP (fig. 2) double triode montée en parallèle, triode ou pentode grand gain montées en cascade (fig. 3) dans certains cas un second étage de tension ou de puissance est nécessaire.

- **un tube T2** : un tube de puissance, triode en classe A avec son système de polarisation (automatique ou fixe), la liaison au tube T2 peut être directe (Loftin White), par condensateur (fig. 5) ou par transformateur (fig. 4).

- **un système d'alimentation** : tube redresseur ou diode silicium, transformateur HT et

chauffage tubes, self de filtrage, condensateur).

- **un transformateur de sortie** : transformateur BF de très haute qualité avec entrefer.

- **composants passifs et accessoires** : condensateurs de liaison et de découplage de cathode, potentiomètre bobiné, résistances, support tubes, prises, etc.

- **un châssis** : support mécanique de la réalisation.

Parmi les six éléments constitutifs cités plus haut, l'élément fondamental, le cœur de l'ampli, celui qui va lui donner ces principales caractéristiques aussi bien subjectives qu'objectives, c'est le tube de puissance ; c'est donc sur lui que devra porter toute notre attention.

B. Tube de puissance

1. Disponibilité

Il faut bien reconnaître que

fabriquer un ampli mono-triode en 1986 pose sûrement beaucoup plus de problèmes qu'en 1977 (date du premier article de Jean Hiraga), en effet les stocks et les prix pratiqués à l'époque rendait la réalisation facile et peu onéreuse (on pouvait trouver des 300 B pour 100 à 200 F, des 2A3 à 10 F). Malheureusement, la plupart des stocks existants dans le monde (U.S.A., G.-B., R.F.A., France) ont fondu comme neige au soleil, entièrement absorbés par le marché japonais. Au Japon il y a de véritables «chercheurs de tubes» qui écument tous les pays à la recherche du moindre stock.

A titre d'exemple, dernièrement, nous avons réussi à trouver en France un stock de 310 A fabriqué par LMT sous la référence 3310 A. Il n'existe normalement aucune trace de la fabri-

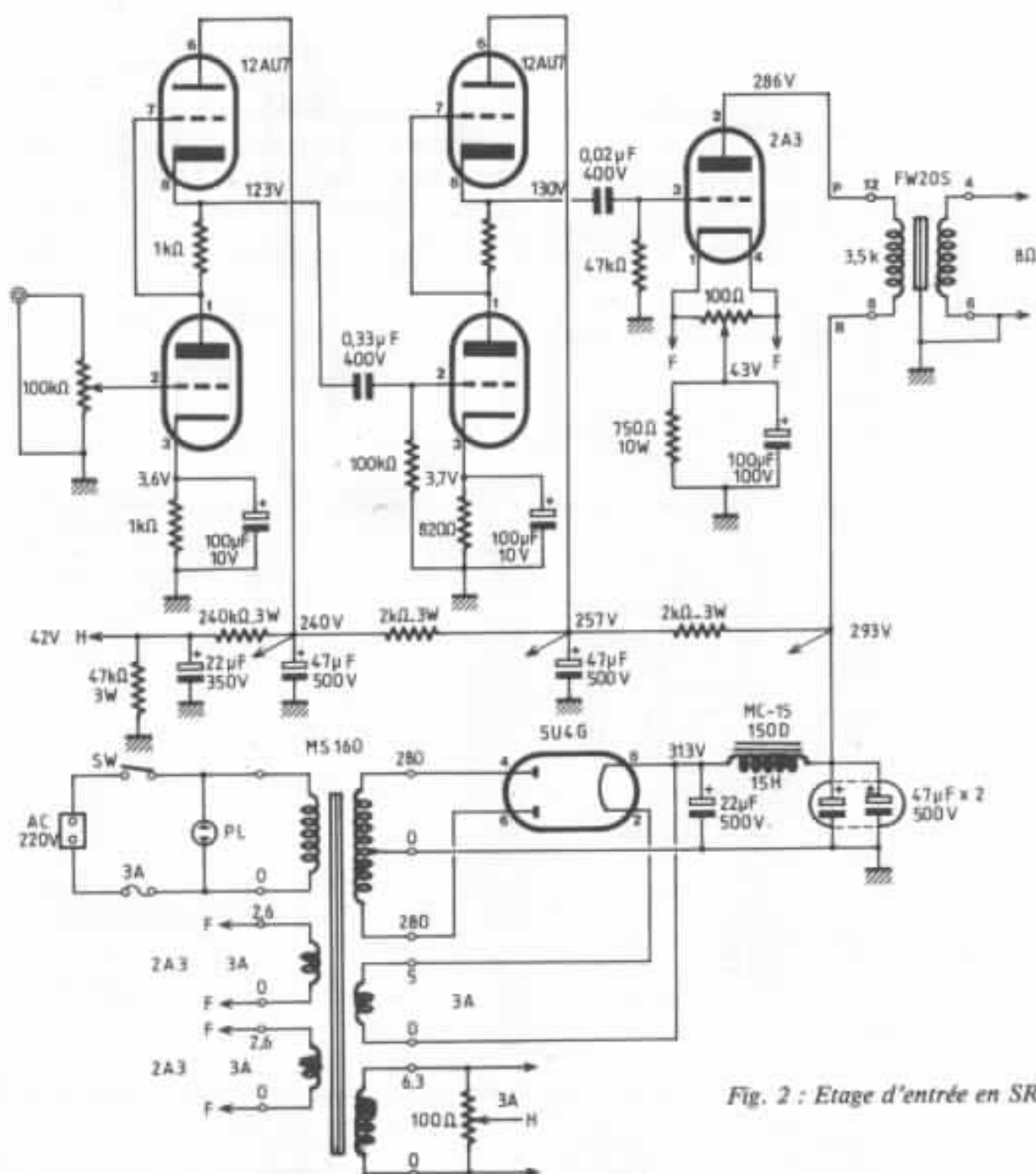


Fig. 2 : Etage d'entrée en SRPP.

cation de ce tube par la LMT, filiale française de la Western Electric. Eh bien, deux jours avant notre appel téléphonique, une société japonaise avait acheté une partie du stock, ne nous laissant que quelques pièces. Ils n'hésitent pas non plus à acheter de très grandes quantités. Nous avons personnellement vu partir pour le Japon des milliers de 2A3 ainsi que plus de 800 tubes VT52 Western Electric, sans parler des 211 et autres

R120.

Conséquence de tout cela, la rareté du produit et l'augmentation de la demande ont fait monter les prix dans des proportions vertigineuses. Parallèlement les stocks ont diminué car la plupart des ces tubes sont hors production.

Malgré une situation qui peut paraître bien critique, il est encore possible aujourd'hui de se procurer dans de bonnes con-

ditions (marque, qualité, prix) de nombreux tubes pour la réalisation d'amplificateurs. Bien que l'arrêt de fabrication remonte à plusieurs dizaines d'années, on arrive à ce paradoxe : il est plus facile de trouver en France un tube comme le PX25 fabriqué en Grande-Bretagne en 1931 par Osram qu'un transistor germanium OC36 fabriqué par la Radiotechnique en 1965.

En conclusion, il faut retenir comme point n° 1 la **disponibi-**

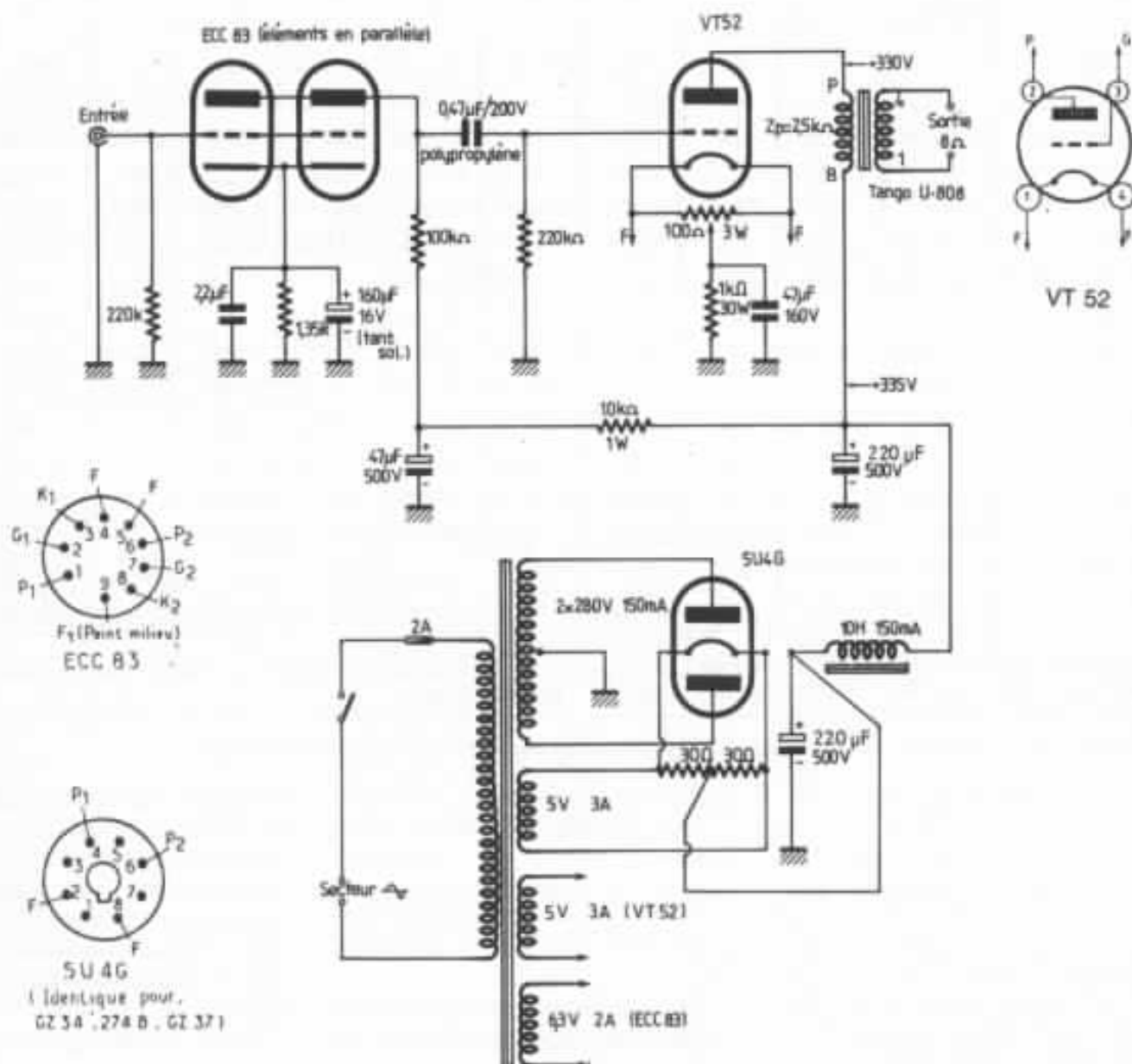


Fig. 5 ; Montage VT52, la liaison s'effectue par condensateur.

llé et bien comprendre le caractère d'urgence qu'il y a à acquérir le tube de votre choix en premier lieu et le plus rapidement possible.

Dans le tableau n° 1, nous indiquons les différentes caractéristiques des tubes de puissance les plus souvent utilisés dans la réalisation d'amplificateurs.

Cette liste a été établie en tenant compte des problèmes de disponibilité, ainsi qu'en consultant les anciens numéros de revues japonaises : Stereo Technic (1970, 1982), Radio Gijutsu (1969-1986) ainsi que le livre de

Jean Hiraga.

Dans cette liste de 16 références, seuls les deux derniers sont pratiquement introuvables en France (RE604 et PX4), à part un petit stock de RE604 qui est parti pour le Japon il y a un an nous n'avons plus jamais revu ces tubes sur le marché français.

L'AD1 peut encore se trouver en petite quantité mais il est important de prendre uniquement la marque Løwe Opta. De plus, le support transcontinental est difficile à trouver, il faut donc acheter le tube avec son support. Le tube WE 300B est

maintenant bien connu de nos lecteurs, c'est le seul qui possède en France une telle aura, celui-ci doit être uniquement de marque Western Electric. Il faut faire attention aux remarques et aux imitations, avec celles-ci les résultats obtenus étant dans la quasi-totalité des cas inférieurs. Ce tube est encore fabriqué aux U.S.A. mais il est très difficile de se le procurer en France et son prix est toujours très élevé.

Les références 845, 211, TM 100 sont des tubes de très grande puissance, dont l'utilisation pose quelques petits problèmes (voir

Référence	Filament tension	Filament courant	Brochage	Ep	Eg	Ip	Rp	Gm $\mu\text{A/V}$	μ	R _L	P
LK 460	4 V	1 A	UF	500 V	-24 V	48 mA	1 700 Ω	3 500	6	2,3 k Ω	1,8 W
R 120	6,3 V	1,45 A	OCT	250 V	-35 V	60 mA	840 Ω	6 40	5,4	2,5 k Ω	3,5 W
2 A 3	2,5 V	2,5 A	UX	250 V	-45 V	60 mA	800 Ω	5200	4,2	2,5 k Ω	3,5 W
6 A 3	6,3 V	1 A	OCT	250 V	-45 V	60 mA	800 Ω	5 250	4,2	2,5 k Ω	3,7 W
6 B 4 G	6,3 V	1 A	OCT	250 V	-45 V	60 mA	800 Ω	5 250	4,2	2,5 k Ω	3,5 W
VT 62/801 A	7,5 V	1,25 A	UX	600 V	-55 V	30 mA	1 840 Ω	4 300	-	10 k Ω	3,8 W
VT 25 A/10 Y	7,5 V	1,25 A	UX	450 V	-100 V	65 mA	-	-	8	5 k Ω	4,5 W
VT 52	6,3 V	1 A	UX	350 V	-60 V	60 mA	-	-	-	2,3 k Ω	4,5 W
PX 25	4 V	2 A	UF	400 V	-32 V	70 mA	-	7 200	8,8	3,5 k Ω	5,5 W
TM 100	4 V	3,3 A	J4	1 000 V	-80 V	120 mA	-	6 000	12,5	10 k Ω	15 W
VT 4 C/211	10 V	3,25 A	J4	1 000 V	-61 V	53 mA	3 800 Ω	3 600	-	10 k Ω	12 W
845	10 V	3,25 A	J4	1 250 V	-195 V	80 mA	1 700 Ω	3 100	-	10 k Ω	25 W
300 B	5 V	1,2 A	UX	350 V	-70 V	75 mA	700 Ω	5 500	3,8	2,3 k Ω	8 W
AD1	4 V	0,95	TRANS	250 V	-45 V	60 mA	670 Ω	6 000	-	2,3 k Ω	4,2 W
RE 604	4 V	0,65 A	UF	250 V	-49 V	-	1 300 Ω	-	3,5	2,3 k Ω	2 W
PX 4	4 V	1 A	UF	250 V	-34 V	48 mA	830 Ω	6 000	5	3,5 k Ω	4 W

Ep : tension plaque max. - Eg : tension grille - Ip : courant plaque max. - Rp : résistance interne - Gm : pente - μ : coefficient d'amplificateur - R_L : résistance de charge - P : puissance max.

Tableau 1 : Liste des principaux tubes triodes utilisables dans les montages monotriodes.

livre de Jean Hiraga, page 104), seul le tube TM 100 n'est plus fabriqué mais il existe de nombreux stocks et il est aisé de se le procurer. Les tubes 845 et 211 sont toujours fabriqués (Cetron) le support Jumbo 4 est disponible au Japon mais d'un prix assez élevé : 200 F environ.

Le PX25, tube anglais hors fabrication, est disponible en France en quantité limitée.

Les huit premières références se trouvent sans trop de problèmes en quantités importantes rendant la réalisation facile mais malheureusement les puissances utiles sont plus faibles.

2. Choix possibles

Comme on peut le voir sur le tableau n° 1, les puissances utiles des différents tubes sont variables, on peut donc diviser ce tableau en trois groupes :

1^{er} groupe : puissance faible 3,5 watts maximum : LK 460, R 120, 2A3, 6A3, 6B4 G, VT62, RE 604.

2^e groupe : puissance moyenne

3,5 watts à 6 watts : VT25A, VT52, PX25, WE300B, AD1, PX4.

3^e groupe : forte puissance 8 watts à 20 watts : 211, TM 100, 845.

Indépendamment des qualités subjectives de chaque lampe, la première sélection va, bien sûr,

dépendre du rendement global de votre installation, niveau de sortie de votre cellule, de votre compact-disc, gain du préampli, rendement de vos H.P., habitude d'écoute (niveau sonore), style de musique (pop, jazz, classique).

Deux cas de figure sont possibles :

Systeme passif

Rendement compris entre 86 et 90 dB.

Groupe 3

Rendement compris entre 90 et 95 dB.

Groupe 2 ou 3

Suivant le niveau sonore.

Rendement supérieur à 95 dB.

Groupe 1 ou 2 ou 3

Suivant le niveau sonore.

Système actif

L'utilisation conseillée dans ce genre de système est celle réservée au médium et à l'aigu.

Rendement compris entre 90 et 95 dB.

Médium	Aigu
Groupe 2 ou 3	Groupe 1 ou 2

Rendement supérieur à 95 dB.

Médium	Aigu
Groupe 2	Groupe 1

Dans les systèmes à très haut rendement (Voix du Théâtre, Klipsch, JBL), il est possible d'utiliser le groupe 3 dans le grave.

Le choix du groupe ayant été fait, reste maintenant à faire le choix décisif : à faire le « bon choix ». A ce stade, un certain nombre d'autres critères vont intervenir. C'est, par ordre d'importance :

- Qualité subjective,
- Performances, distorsion, bande passante,
- Réalisation et mise au point,
- Prix de revient.

Seule l'écoute attentive de chaque lampe, la connaissance approfondie des défauts et qualités, l'utilisation dans différents systèmes permettent de bien cerner la personnalité de chaque tube.

• Groupe 1

LK460 : tube de qualité moyenne à n'utiliser que dans l'aigu, réalisation facile, faible coût.

R120 : tube français en brochage octal présentant un bon équilibre sonore, son clair, grave en retrait, réalisation facile, faible coût.

2A3 : le tube le plus utilisé au Japon, un best-seller dans le genre, son un peu rond, bon équilibre, défaut peu gênant avec le montage Loftin-White, réalisation aisée, un très bon tube pour se « faire la main », prix raisonnable. 6A3-6B46 : tube équivalent au 2A3 un peu moins bon dans l'ensemble.

RE604 : tube allemand de fai-

ble puissance introuvable, un des tubes préféré de Jean Hiraga, qualité sonore remarquable, définition, richesses harmoniques, nuances, à utiliser dans le médium ou l'aigu sur des H.P. à chambre de compression, réalisation simple.

VT62/801A : tube militaire américain : très beau médium. Grave un peu rond, aigu atténué, la réalisation demande un transformateur de sortie avec une impédance primaire de 14 k Ω , prix faible.

• Groupe 2

VT25A : tube militaire US utilisé en HF, bien construit, à utiliser dans le médium, son défini et dynamique, réalisation aisée, prix faible.

VT52 : tube militaire US bien connu de nos lecteurs, beaucoup de qualités, très peu de défauts, médium bien en place, les résultats dans l'aigu peuvent être exceptionnels si le transformateur est de très haute qualité, réalisation décrite dans cet article, prix abordable. Ce tube est, à notre avis, celui qui a le meilleur rapport qualité/prix/disponibilité/facilité de réalisation.

PX25 : tube anglais peu connu en France, médium de très haute qualité, très nuancé et peu coloré, bas médium bien présent, grave rond, aigu de qualité, réalisation simple, prix élevé.

AD1 : tube allemand utilisé

par quelques audiophiles français qui le placent très haut, les résultats dépendant beaucoup de l'origine du tube, en manque Loewe Opta, les résultats peuvent être fantastiques, réalisation facile avec le support transco, prix moyen.

PX4 : tube anglais introuvable en France, très grande richesse harmonique, qualité du timbre.

WE300B : tube américain que l'on ne présente plus, dans le secteur médium, il a pratiquement toutes les qualités des autres tubes sans leurs défauts, utilisé avec le tube d'entrée 310A, la valve 274B et le transformateur de sortie Partridge TH4663, on arrive à des résultats subjectifs insurpassables, réalisation onéreuse, prix très élevé.

• Groupe 3

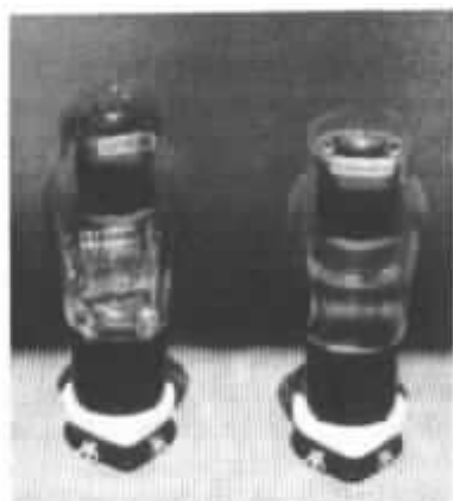
211/VT4C : tube de grande puissance utilisé dans les émetteurs HF, très bonne transparence, impression de puissance et son peu coloré, aigu moyen, résultat global inférieur à la 845 et la TM 100, réalisation délicate : H.T. (1 000 V), transformateur de sortie de 10 k Ω , tube cher.

845 : tube US d'une très grande linéarité, transparence exceptionnelle, bas-médium de grande classe, très grande dynamique sur tout le spectre, réalisation très délicate identique au tube 211, utilisation d'un étage driver de puissance (EL 34, 350B, 6550), prix élevé.

TM100 : tube fabriqué vers 1938, à notre avis, le meilleur tube français, équilibre sonore proche de la perfection, dynamique et respect des timbres, bas médium exceptionnel, effet de profondeur. Réalisation identique à la 211 : tube cher.

C. Transformateur de sortie

C'est l'autre élément fondamental des montages monotriodes. Le résultat final étant en grande partie dû au tube de puis-



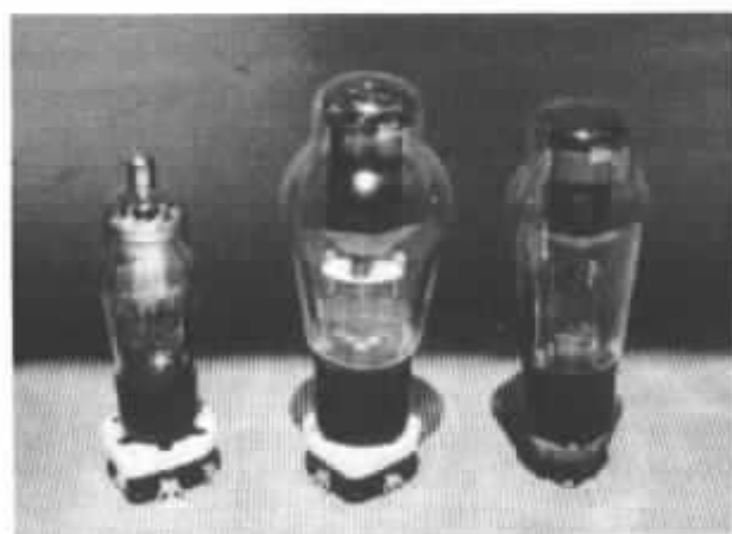
VT 52 à gauche Western Electric, à droite Hytron.



A gauche VT 25 A Sylvania, à droite LK 460 Valvo.



Valves redresseuses, à gauche 5 R4 WGY, à droite 5 U4 G.



Trois tubes Western Electric très recherchés, de gauche à droite WE 310 A, WE 300 B, WE 274 B.



De gauche à droite, 6 B4 G Sylvania, R 120 radio-technique, 2 A3 RCA.



A gauche TM 100 Mazda, à droite NT 40 référence militaire du PX 25.



En bas de gauche à droite : UX, UF, UZ. En haut à gauche Jumbo 4, en haut à droite Noval et Octal au centre.

sance associé à son transformateur de sortie.

Réaliser un transformateur de sortie de la plus haute qualité n'est malheureusement pas à la portée de l'amateur, la meilleure volonté du monde n'arrivera jamais à remplacer des années et des années d'expérience dans ce domaine. Les secrets de fabrication, le savoir-faire sont soigneusement gardés par les grands fabricants.

La présence d'un entrefer, le mode de bobinage, les problèmes de capacités parasites, de résistance série des primaires à haute impédance (2 kΩ à 10 kΩ), la qualité des tôles (certainement ce qui joue le plus sur le son), l'imprégnation sous vide du transfo ; tous ces problèmes rendent, à notre avis, la réalisation très hasardeuse.

La meilleure solution est donc de se diriger vers un transfo du commerce.

En France, la société Milleirieux propose trois modèles différents pour la réalisation d'amplis simple étage.

HH 25 B (15 W), AH 50 B (40 W), AH 52 B (40 W), le choix est un peu court et il n'existe pas dans cette gamme de transfo à haute impédance (10 kΩ) pour les réalisations utilisant les tubes du genre TM 100. En outre, leur coût est élevé.

Au Japon, les choses sont bien différentes. En effet, l'audiophile japonais a un choix très grand (plus de 50 modèles) dans des marques aussi prestigieuses que Sansui, Luxman, Tango, Tamaru, etc. Il est donc très facile après essai de connaître les meilleurs transfos. S'il en existe de moins bons que ceux fabriqués en France, il est sûr aussi qu'il en existe de bien supérieurs, les différences d'ordre subjectif étant toujours accompagnés de meilleures caractéristiques techniques (bande passante, forme sur signal carré, distorsion).

Parmi les modèles recomman-

dés, citons pour les faibles et moyennes puissances, le U808 Tango, transformateur universel à quatre impédances primaires (2 kΩ, 2,5 kΩ, 3,5 kΩ, 5 kΩ) utilisable dans tous les cas, le meilleur rapport qualité/prix (800 F environ), voir fig. 6.

Le FX 50 3,5 S (fig.n° 7), un modèle de très haute qualité, très bons résultats avec les tubes PX25 et VT52, prix environ 1 500 F.

Pour les tubes de forte puissance, la série FW 150 10SR s'impose malgré un prix très élevé. Nous terminerons par un modèle anglais fabriqué par Partridge dont la référence est TH 4663. Ce transformateur construit à la demande de Jean Hiraga pour les audiophiles japonais est très réputé et de la plus haute qualité. Son utilisation avec le tube WE 300B est souhaitable (photo n° 2).

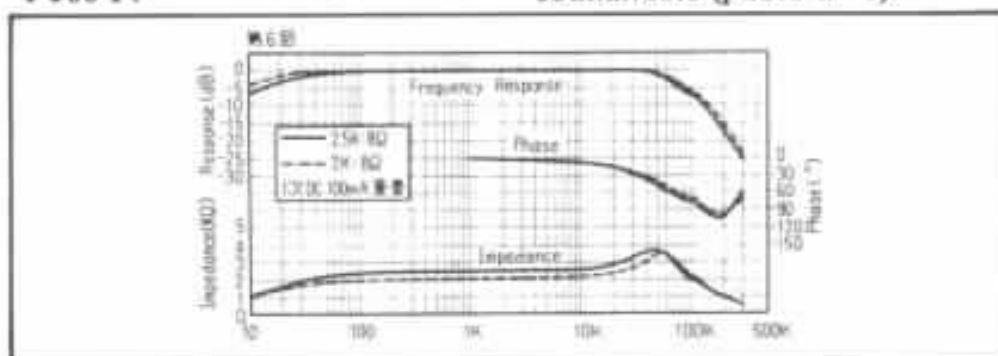


Fig. 6 : Réponse en fréquence, phase et impédance du Tango U 808.

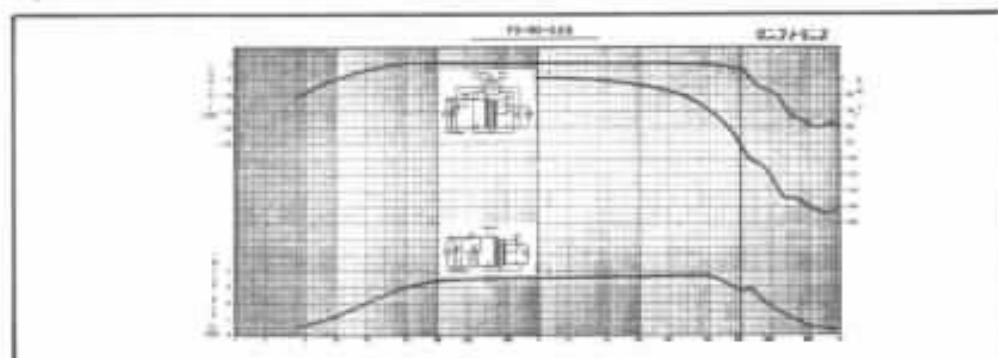


Fig. 7 : De haut en bas, réponse en fréquence, phase et impédance du Tango FX 50-3,5 S de 1 Hz à 1 Mhz.



Photo 2 : Réalisation japonaise d'un amplificateur 300 B avec transformateur de sortie Partridge TH 4663.

Les autres éléments constitutifs ne posent aucun problème pour la réalisation pratique.

D. Le tube d'entrée

Les références le plus souvent utilisées sont,

pour les triodes :		tension/filament
6 SN 7 GT	support octal	6,3 V/0,6 A
ECC 83-ECC 81	support noval	6,3 V/0,3 A
12 BH 7 A	support noval	6,3 V/0,3 A
Pour les pentodes :		tension/filament
NF 2	support transco	12 V/0,15 A
WE 310 A ou B	support UZ	10 V/0,3 A
EF 86	support noval	0,3 V/0,3 A
6 SJ 7	support octal	6,5 V/0,3 A
5693	support octal	6,3 V/0,3 A

Tous ces tubes sont disponibles en France. Comme on le voit, le choix est important et permet de nombreuses combinaisons.

• **Système d'alimentation** : S'il n'est pas nécessaire de s'étendre sur le transfo d'alimentation, la self et les condensateurs de filtrage, par contre l'élément redresseur doit être choisi avec soin, il est bien évident que notre préférence va au tube par rapport à la diode silicium, le son des valves est une réalité bien tangible. Certains montages utilisant une haute tension importante (1 200 V) ne permettent pas de les utiliser, il faut donc se rabattre sur des diodes. Dans le tableau n° 2, nous donnons les caractéristiques des tubes pouvant être utilisés dans nos montages.

Le meilleur compromis étant réalisé avec le tube 5U4G. Dans l'absolu, le tube WE 274B est difficilement surpassable (meilleur équilibre sonore), mais ce tube se trouve très difficilement (attention aux remarques) en

France, son prix étant toujours très élevé. Le tube 5R4WGY est le seul qui convienne pour les réalisations genre TM100.

E. Construction de l'amplificateur VT52

La réalisation pratique qui va suivre peut être considérée comme universelle et reproductible quels que soient les types de lampes utilisés (montage à deux étages avec valve redresseuse). Elle permet ainsi d'optimiser le positionnement des différents composants entre eux (transfo d'alimentation, de sortie, tube de puissance, tube d'entrée, etc.), les liaisons devant être toujours les plus courtes possibles et le câblage clair et aéré.

De petites variantes peuvent apparaître, suivant que l'on uti-

lise un triode ou une pentode en entrée (brochage, polarisation), ou des composants passifs de dimensions différentes (condensateurs de liaison, chimique, découplage cathode, etc). Toutefois nous vous recommandons fortement de respecter l'implantation générale et l'ordre de câblage. En procédant ainsi, la réalisation du kit est très simple et le résultat final garanti. Le schéma théorique est donné figure 5.

1. Le châssis

Pour ce genre de réalisation, il est impératif d'utiliser deux alimentations séparées (diaphonie), il est donc aussi préférable d'avoir deux châssis l'un pour la voie droite, l'autre pour la voie gauche. Nous avons préféré l'aluminium comme matériau par rapport à l'acier. Notre choix a été guidé par des considérations aussi bien esthétique qu'utilitaire : travail plus facile pour le perçage. Subjectivement les qualités de ce métal sont aussi indéniables (fuites magnétiques, mode de vibrations !!).

2. Câblage

La première opération consistera à monter mécaniquement les éléments constitutifs de l'amplificateur en commençant par les supports de tubes, l'interrupteur, le porte-fusible, le potentiomètre de 100 Ω , la résistance de puissance de 1 k Ω , la Cinch, les condensateurs de filtrage, les bornes H.P., puis pour terminer le transformateur d'alimentation et la self de filtrage (photo n° 3).

Arrivé à ce stade, on passera au câblage de la ligne de masse. Celle-ci est réalisée avec du fil de cuivre rigide de diamètre important (3 à 4 mm) comme on le voit sur la photo n° 4, elle va du point milieu du transformateur (cosse 4) à la borne noire de la sortie H.P. en passant par la cosse du point froid de la Cinch d'entrée, cette dernière n'étant

Référence	Filament tension	Filament courant	Vmax	I _{max}	Brochage
5 R 4 W GY	5 V	2 A	1 000 V	150 mA	octal
83 V	5 V	2 A	500 V	175 mA	UX
WE 274 B	5 V	2 A	500 V	175 mA	octal
GZ 32	5 V	2 A	400 V	300 mA	octal
GZ 34	5 V	1,9 A	550 V	225 mA	octal
GZ 37	5 V	2,8 A	500 V	350 mA	octal
5 U 4 GB	5 V	3 A	550 V	250 mA	octal

Tableau 2 : Liste des principales valves redresseuses.

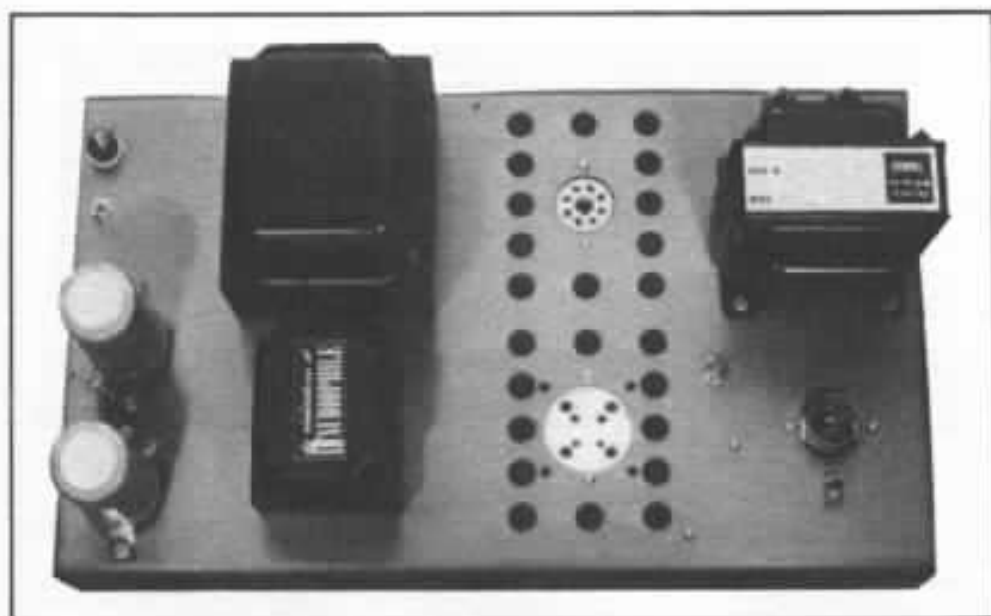


Photo 3 : Montage mécanique des divers éléments du VT 52 vu de dessus.

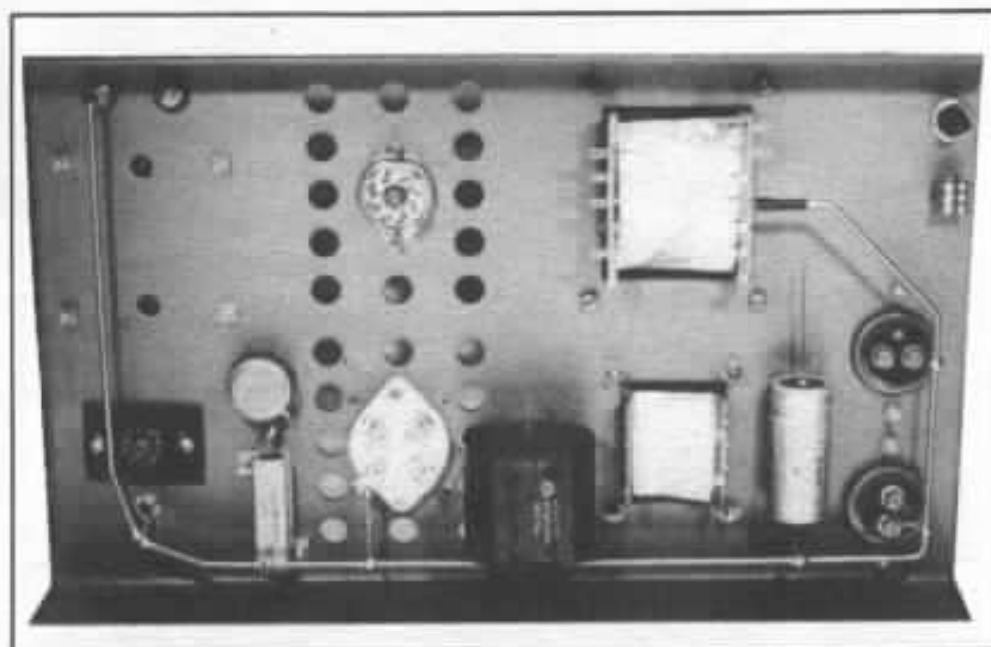


Photo 4 : Idem photo 3 vu de dessous + câblage de la ligne de masse.

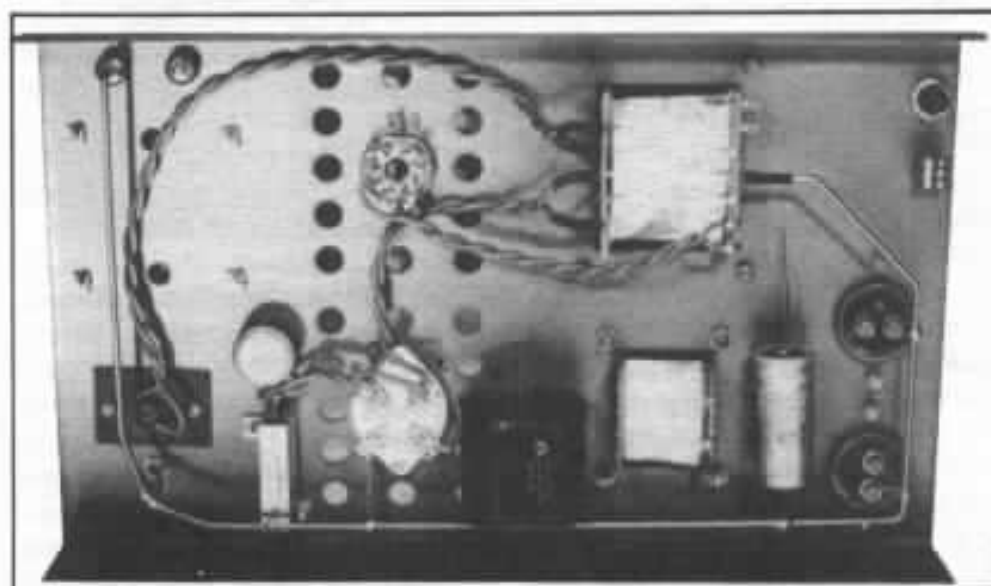


Photo 5 : Idem photo 4 + câblage des filaments et du potentiomètre de 100 Ω .

pas isolée du châssis (attention à l'anodisation des châssis en aluminium qu'il convient de «gratter»).

Cette tige de cuivre servira également de support mécanique pour un certain nombre de composants passifs : pôle négatif des condensateurs de filtrage, de celui de 50 μ , des résistances de fuite de grille des tubes T1 et T2, etc.).

Vu le diamètre important de cette ligne, il est préférable d'utiliser un fer à souder d'une puissance d'environ 60 W ainsi qu'une soudure de qualité (Savbit ou LMP), la panne devra être très propre, bien étamer les deux parties à réunir avant la soudure définitive.

Les connexions de masse ont une grande importance sur le bruit de fond, il faut donc leur apporter un très grand soin. Cette opération terminée on câblera les filaments de chaque tube avec du câble lify de diamètre 1 mm. Les câbles seront torsadés deux par deux (photo n° 5). Le chauffage du tube ECC 83 est de 6,3 V/0,3 A (cosses 8 et 9), celui de la VT52 6,30/3 A (cosses 10 et 12) et 5 V/3 A pour le 5U4G (cosses 6 et 7).

Le curseur du potentiomètre sera soudé directement avec la résistance de 1 k Ω . Ce rhéostat (30 à 100 Ω) dont le rôle est de permettre la réduction du résidu alternatif de chauffage (100 Hz) doit être de très bonne qualité (contact curseur/piste). Il doit dissiper également une puissance non négligeable suivant la tension filament :

Tension filament	Puissance (50 Ω)	Puissance (100 Ω)
2,5 V	0,13 W	0,06 W
4 V	0,32 W	0,16 W
5 V	0,5 W	0,25 W
6,3 V	0,79 W	0,40 W
7,5 V	1,13 W	0,57 W
10 V	2 W	1 W

Nous avons choisi un modèle Allen Bradley série J de valeur

100 Ω dont le grand avantage est de n'être pas selfique, sa puissance dissipée maximum étant de 2,25 W, nous avons donc une marge de sécurité très satisfaisante.

La résistance bobinée de 1 k Ω peut dissiper 50 W, c'est une référence professionnelle de Sfernice RH 50, elle possède un boîtier en aluminium à fixer au châssis avec 2 vis de diamètre 3 mm.

Pour le condensateur de découplage de cathode de T2 (valeurs comprises entre 30 et 100 μ F), il est préférable de ne pas utiliser de condensateurs chimiques, ces derniers étant toujours déplorables en BF, nous utiliserons donc un condensateur non-polarisé de 50 μ F de marque SCR dont l'isolement continu est de 180 V. Pour la haute tension, le câble sera de même type mais la couleur différente (rouge). Le départ de la ligne HT se fera au point milieu de deux résistances de 30 Ω /5 W mises en série sur les cosses 5 et 6 du chauffage de la 5U4G (photo n° 6). Les deux premiers condensateurs de filtrage 220 μ F/450 V de marque LMT possèdent des bornes à vis, les connexions se feront avec des cosses, les extrémités des fils peuvent être terminées avec des manchons thermorétractables.

Le transformateur de sortie utilisé est le U808 Tango, il sera câblé avant son montage mécanique sur le châssis, pour l'impédance primaire, la borne B sera reliée à la HT (après la self) sur la cosse (+) du condensateur de 220 μ F avec un fil de 38 cm. La borne P est connectée à la cosse n° 2 du support du tube VT52 (15 cm). Le secondaire sera branché entre les points 1, vers borne noire HP, et 4 vers borne rouge HP ; prévoir pour ces deux connexions 8 cm de câble lify 1 mm (2 couleurs).

La ligne HT alimentant le premier tube va de la jonction du pôle (+) du 47 μ F et de la résis-

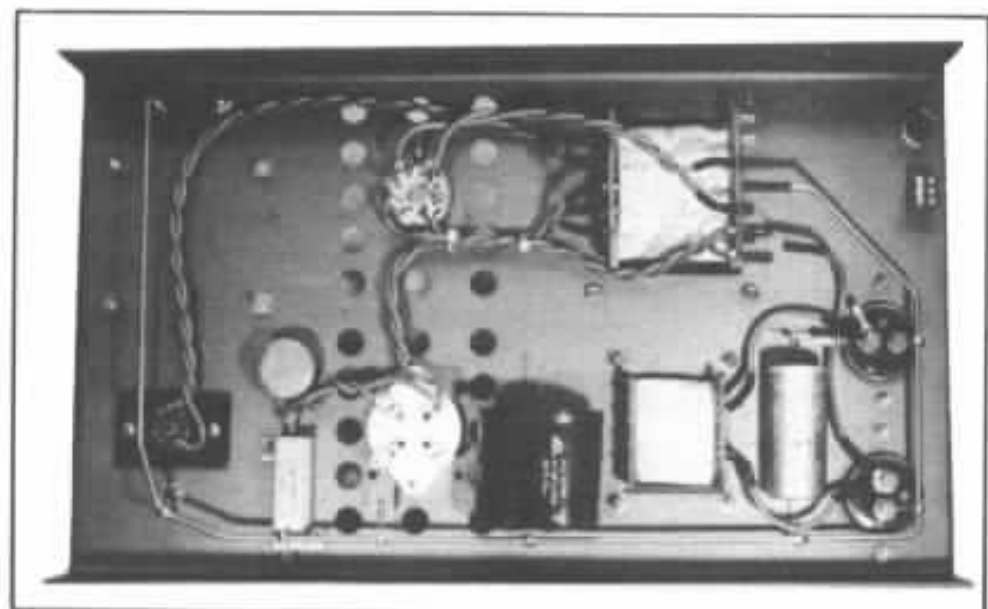


Photo 6 : Idem photo 5 + câblage de la ligne haute tension.

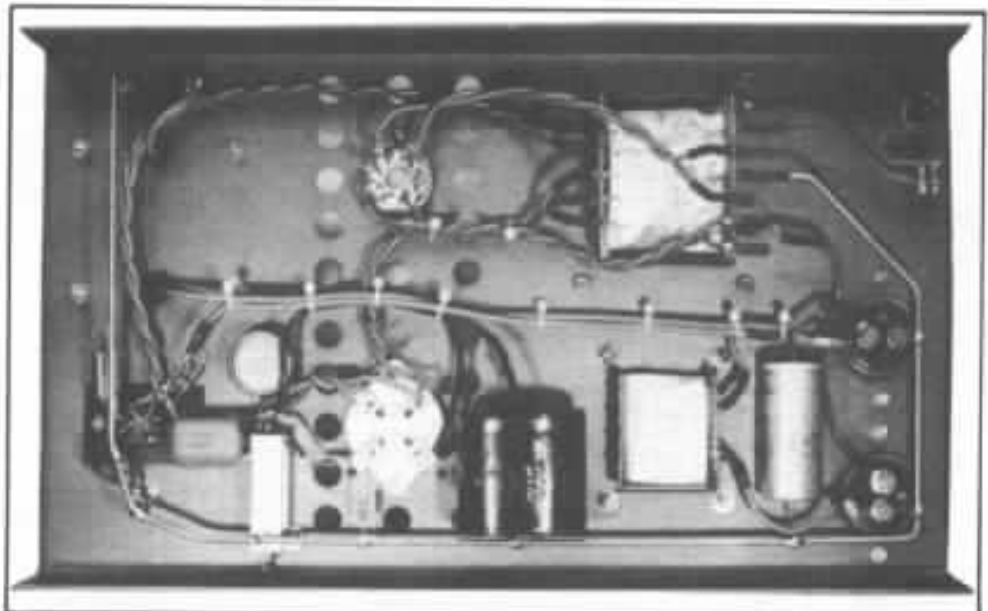


Photo 7 : Vue du câblage terminé, l'amplificateur est prêt pour les contrôles.

tance de 10 k Ω /1 W. L'autre côté de cette résistance allant à la borne (+) du condensateur de 220 μ F (ligne HT générale) et à la résistance de plaque de tube ECC 83 (photo n° 7). Cette dernière est réalisée à l'aide de trois résistances tantale de 300 k Ω montées en parallèle (wrapping) de façon à obtenir 100 k Ω , cette méthode permet d'augmenter la stabilité et de réduire le bruit. Le tube ECC83 est une double triode, dans notre montage chaque demi-tube est monté en parallèle, il faut donc réunir P1 avec P2, G1 avec G2 et K1 avec K2, avec du fil de faible section (0,2 à 0,3 mm).

Le condensateur de liaison est de marque Shizuki et de valeur 0,47 μ F, son diélectrique est au polypropylène, la qualité de ce condensateur joue énormément sur l'équilibre général de l'amplificateur, la résistance de 220 k Ω est également de type tantale.

La résistance de cathode (1,35 k Ω) a été déterminée à l'aide du distorsiomètre Sound Technology 1700, elle correspond au minimum de distorsion de l'ensemble T1 et T2, sa valeur ne doit être changée en aucun cas, le condensateur de 150 μ F/16 V est du type CTS 13 tantale et le condensateur de 2,2 μ F mis en parallèle a pour but de réduire



Photo 8 : l'amplificateur VT 52 terminé avec ses trois tubes.



Photo 10 : Amplificateur PX 25

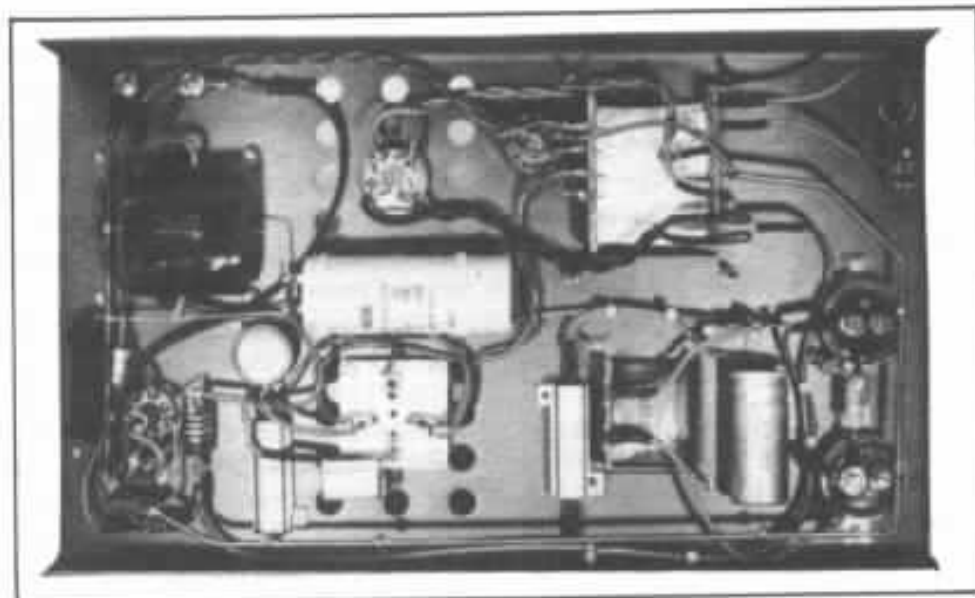


Photo 9 : Amplificateur PX 25, vue du câblage.

l'impédance aux fréquences élevées. Après raccord du câble secteur, porte-fusible et interrupteur, le câblage est terminé. Nous vous donnons en photo 9 et 10, la réalisation d'un ampli PX25. On notera la grande similitude de câblage et d'implanta-

tion bien que les trois références de tubes soient différentes.

3. Contrôles

Avant de mettre sous tension, il est impératif de vérifier une dernière fois le câblage. Assurez-vous qu'aucune soudure trop

«généreuse» ne provoque de court-circuits, et surtout que les connexions filaments sont bien réalisées.

Les contrôles sont extrêmement simples et peuvent être réalisés avec un contrôleur universel. Tout d'abord, mettre en place les tubes T1 et T2 sans la valve de redressement. S'assurer que les deux lampes s'allument. Mettre ensuite en place la valve ; après une dizaine de secondes, vérifier les différentes tensions. A ce propos, il est sage de rappeler les précautions à prendre lorsque l'on fait des mesures dans un appareil à tube :

- gants isolants,
- siège isolé du sol,
- mesure à l'intérieur du châssis avec une seule main.

Mesurer tout d'abord la haute tension de 345 V : mettre le fil - du contrôleur sur la borne noire de l'amplificateur, l'autre fil relié au + du contrôleur est connecté à la borne + du deuxième

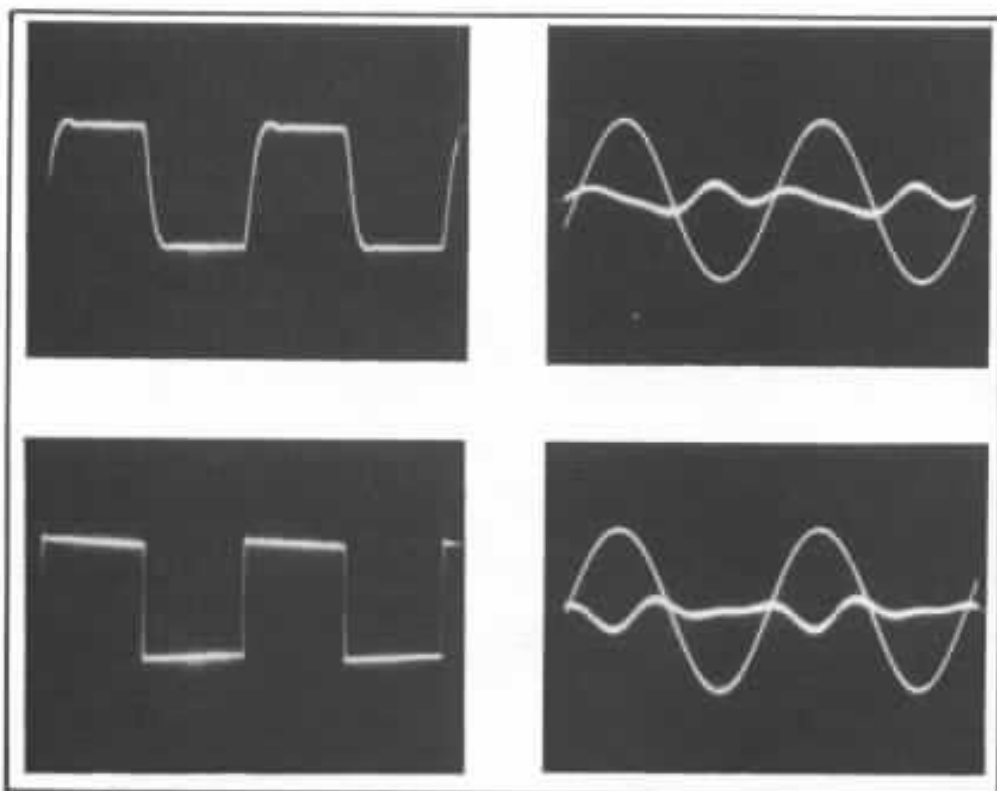


Photo 11 : Réponse sur signal carré et forme de la distorsion, en haut à 10 kHz, en bas à 1 kHz. Puissance 1 W (2 V/div.).

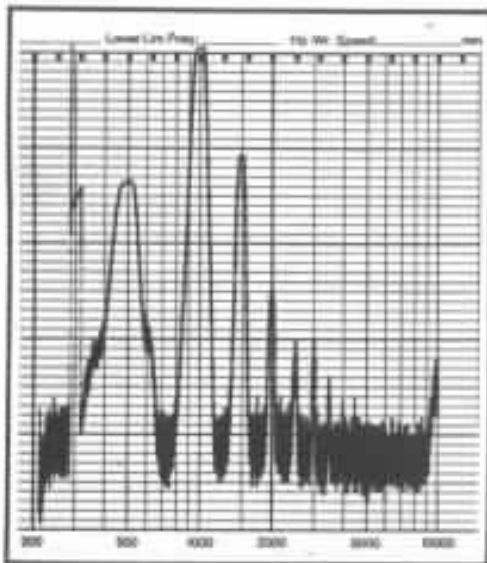


Fig. 8 : Spectre de distorsion sans C.R. du VT 52, fondamentale 500 Hz, puissance 0,5 W.

condensateur de 220 μF .

Mesurer ensuite la polarisation du VT52. La tension-grille doit être de - 53 V. Elle est relevée entre la masse et le point de jonction de la résistance de 1 k Ω , du curseur du potentiomètre et du condensateur de 50 μF .

Le courant plaque se déduit aisément : $I_p = 53 \text{ V} / 1 \text{ k}\Omega = 53 \text{ mA}$.

La valeur de la tension plaque doit être de 280 V. Pour cette

mesure, on se connectera entre la cosse 2 du support du VT52 et le point de jonction mentionné ci-dessus. La puissance dissipée par le tube est donc :

$$P = U_p \times I_p = 280 \text{ V} \times 53 \text{ mA} = 14,8 \text{ W}.$$

Contrôler la polarisation de l'ECC 83. Pour cela, on relève la tension de cathode prise aux bornes des résistances de 2,7 k Ω (mises en parallèle pour obtenir la valeur de 1,35 k Ω). La tension doit être de l'ordre 1,8 V. Vérifier ensuite la tension plaque qui doit être de 195 V entre plaque et cathode.

Toutes ces valeurs de mesures sont données à titre d'information pour vous guider. Elles peuvent varier dans une fourchette de $\pm 10 \%$ suivant les caractéristiques des tubes, la tension secteur, la tolérance des composants passifs.

Pour terminer, il convient de régler le niveau de bruit de fond. Celui-ci est dû au résidu alternatif (100 Hz) du chauffage de la VT52. Le rôle du potentiomètre de 100 Ω est de permettre d'annuler ce résidu. Pour cela, il vous suffit de brancher un haut-

parleur aux bornes de sortie de l'amplificateur et de réduire le niveau de bruit de fond jusqu'au minimum (cela correspond à une tension de bruit de 4 à 5 mV).

4. Performances techniques

- Puissance disponible : 2,8 W
- Sensibilité : 0,6 V
- Bande passante à 1 W : 10 Hz à 55 kHz (- 3 dB)
- Distorsion à 1 W : 100 Hz : 1,65 %
- Distorsion à 1 W : 1 kHz : 1,45 %
- Distorsion à 1 W : 10 kHz : 1,32 %
- Spectre de distorsion : Cf. figure 8
- Réponse signal carré : Cf. photo 11.

Si avec les amplificateurs à transistors fonctionnant en classe A décrits dans la revue (amplificateurs Hiraga 20 W et 8 W), le rapport puissance subjective/puissance mesurée est déjà surprenant en comparaison avec les produits du commerce, avec une réalisation telle que celle que nous venons de décrire ce rapport devient réellement impressionnant. Les nombreux auditeurs des Journées de la Haute Fidélité en mars dernier au Sofitel ont pu en prendre conscience...

Les mesures mentionnées ci-dessus sont excellentes. Il faut bien considérer qu'aucune contre-réaction n'est appliquée. L'étendue de la bande passante est à mettre au compte de l'association VT52-U808. Il n'est pas évident de faire aussi bien avec des amplificateurs à transistors dans les mêmes conditions. Concernant la distorsion, certes le taux mesuré peut paraître élevé au lecteur néophyte. Toutefois, le contenu harmonique comme on le note sur le spectre est réparti selon un dégradé remarquable, c'est un critère important. Enfin, la réponse sur signal carré est également excellente.

L'étage de sortie de l'amplificateur

5^e partie : expérimentation de la classe A quadratique

Héphaïstos

Ici se termine la phase d'expérimentation objective des différentes solutions que nous avons recensées pour résoudre les problèmes de l'étage de sortie. Après avoir mesuré les solutions classiques (voir l'Audiophile n°34) et des solutions moins classiques (voir l'Audiophile n°37), nous abordons dans cet article la solution la plus prometteuse qui s'était dégagée de notre étude théorique (voir l'Audiophile n°31) et que j'avais, pour des raisons exposées alors, baptisée classe A quadratique. Après toutes ces mesures nous pourrions dresser un bilan de la phase d'expérimentation objective et choisir les solutions qui participeront à la phase suivante de l'étude de l'étage de sortie : l'expérimentation subjective.

Avant de parler de la classe A quadratique, je voudrais revenir sur le schéma que m'avait soumis un lecteur et qui permet au moyen d'une légère modification, d'obtenir avec le montage classique, une impédance de sortie en boucle ouverte, constante lorsque la polarisation est réglée pour obtenir un fonctionnement en classe AB. Dans l'Audiophile n°37, nous avons vu le schéma de principe de cette modification, ainsi que les explications de son fonctionnement. Depuis ce

fonctionnement a été simulé sur ordinateur de la même façon les autres circuits ; cette simulation a été très lourde à mettre en œuvre, parce que le calcul des lois reliant tension et courant dans les deux branches de sortie (leurs schémas équivalents correspondant à des diodes et des résistances à la fois en série et en parallèle) nécessitent beaucoup de calculs.

La figure n°1 montre les résultats de cette simulation pour le réglage optimum de la polarisa-

tion. Cette figure reprend les conventions que nous avons adoptées pour nos autres simulations (relisez l'article du n° 31 de l'Audiophile, si vous avez oublié celles-ci). On y voit que ce montage permet effectivement d'obtenir une grande linéarité de l'impédance de sortie, pour un courant de repos de 900 mA. Les petits accidents de linéarité se situent au voisinage d'un courant de sortie double du courant de repos), mais ils sont de faible amplitude et devraient être doux

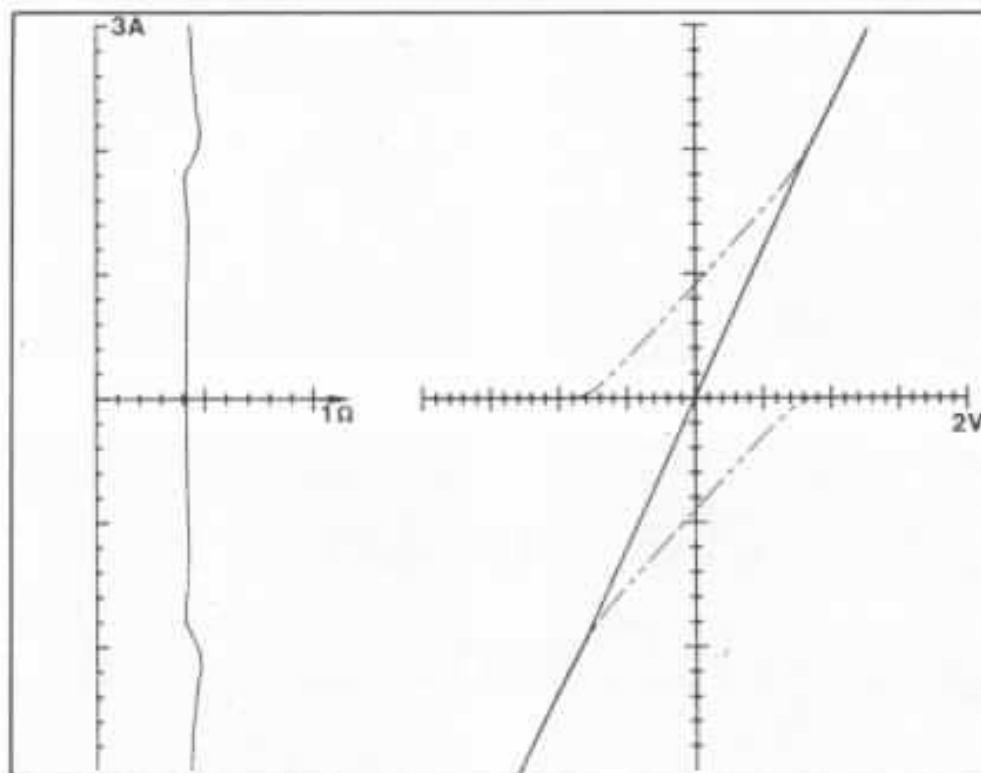


Fig. 1 : Courbes de simulation.

si les commutations des diodes et des transistors se passent bien (transistors assez rapides et bien commandés), une boucle de contre-réaction globale bien conçue pourrait alors les corriger sans problème. On peut choisir des courants de repos plus faible pour accroître le rendement, en conservant les qualités de ce montage : il faut pour cela réduire la valeur de R_e , car c'est elle qui impose la valeur du courant de repos. Ici nous avons pris une valeur de $0,4 \Omega$, et il devrait être possible de descendre à des valeurs plus basses (la première limite étant probablement due à l'action des impédances parasites à l'intérieur des composants et du câblage, la seconde étant le fonctionnement en classe B) mais, par manque de temps, nous n'avons pas voulu poursuivre nos investigations sur ce montage. Toutefois, nos simulations ont montré que si le réglage de la polarisation est assez pointu (un peu moins toutefois que pour la classe B), le bon fonctionnement de ce montage semble assez peu sensible aux dispersions des composants (nous l'avons testé jusqu'à

10 %), sa mise en œuvre est donc à la portée de beaucoup. C'est pourquoi je serais intéressé par le compte-rendu des évolutions subjectives qui seraient la conséquence de l'application de cette modification à un amplificateur à étage de sortie classique travaillant en classe AB.

Rappels sur la classe A quadratique

La conception de ce principe résulte de notre volonté d'augmenter le rendement du fonctionnement en classe A linéaire de l'étage de sortie, tout en conservant ses grandes qualités de linéarité intrinsèque. Pour cela, on peut incurver de façon parfaitement complémentaire les lois courant-tension des deux branches de l'étage de sortie (voir la figure n°2). Nous avons vu que cela correspondait à des conditions mathématiques simples pour ces lois, et que des lois paraboliques du type

$$I = aV^2 + bV + c$$

satisfaient à ces conditions.

La conception de circuits ayant une telle loi parabolique est grandement simplifiée par les propriétés fondamentales des transistors à effet de champ qui ont justement une loi parabolique du type que nous recherchons. Il est alors naturel de penser que l'existence de transistors de puissance à effet de champ permet de réaliser nos objectifs

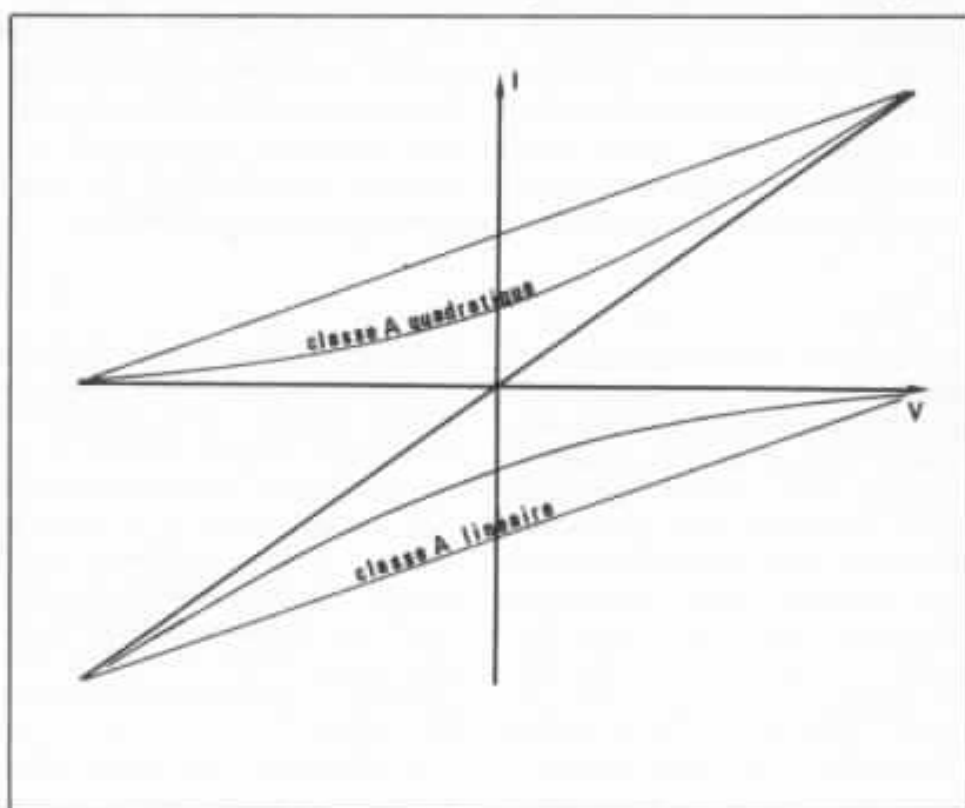


Fig. 2 : Les deux classes A.

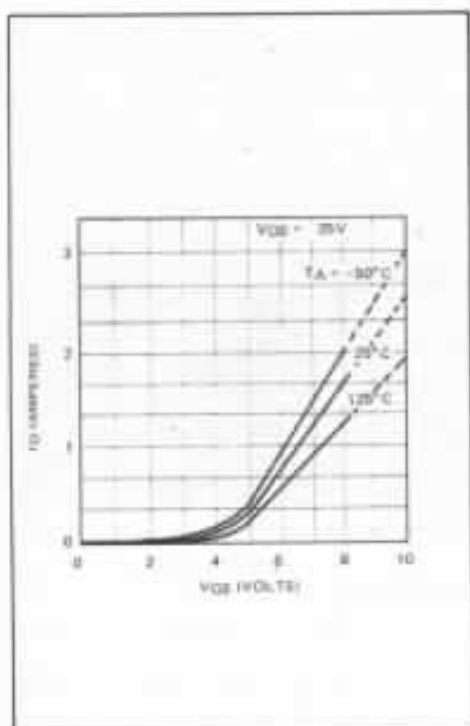


Fig. 3 : Courbe des VMO.

très simplement. Ce n'est malheureusement pas le cas, essentiellement pour deux raisons. Tout d'abord la complémentarité est très difficile à obtenir avec les transistors MOS de puissance que l'on trouve sur le marché actuellement. Ensuite si les transistors MOS de puissance suivent une loi parabolique pour des courants relativement faibles, il intervient assez rapidement une saturation due à la limite de la vitesse des porteurs dans le matériau semiconducteur ; cette saturation de vitesse se traduit par la transformation de la loi parabolique en une loi linéaire, comme on peut le constater sur l'exemple de la figure n°3. Cette limitation est théorique et impossible à contourner (cf. le chapitre 3.1 «Linear Operation» écrit par Mark Alexander dans «MOSPOWER Applications Handbook», Siliconix 1984).

Une solution consiste à utiliser les propriétés quadratiques des transistors à effet de champ faibles courants et à amplifier de façon linéaire ce courant. Le schéma de la figure n°4 nous montre un dispositif propre à réaliser les lois tension courant-

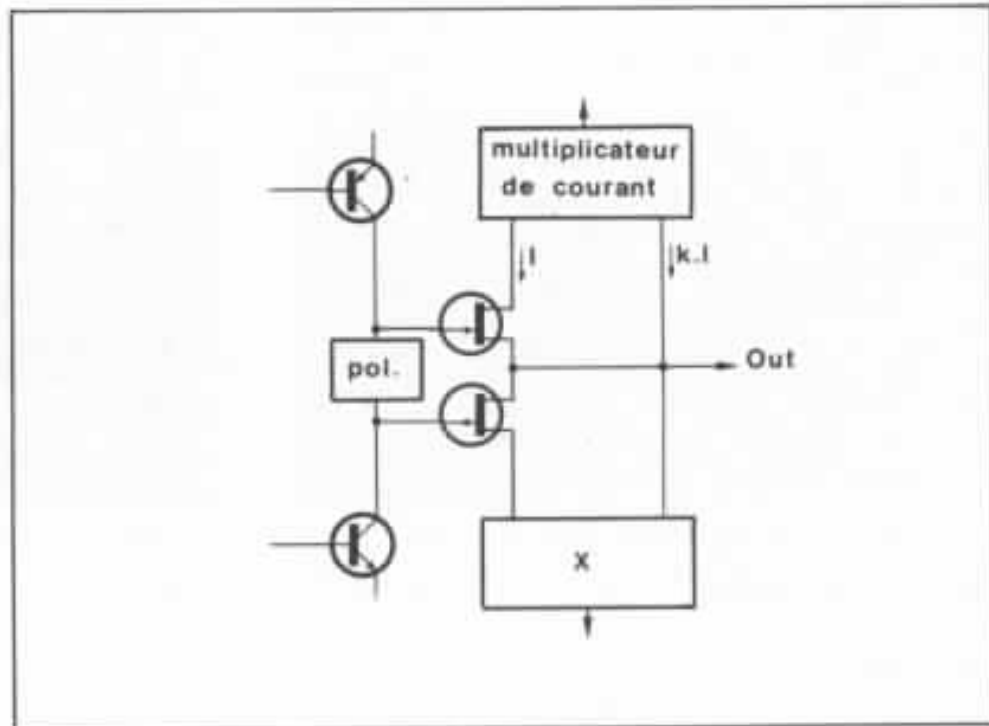


Fig. 4 : Schéma de principe retenu.

courant paraboliques que nous recherchons. Quels sont les problèmes posés par un tel montage ? Il faut déjà que nos objectifs de «quadraticité» soient atteints avec suffisamment de précision, pour cela le multiplicateur de courant doit être assez linéaire et le transistor à effet de champ de commande doit être assez quadratique ; au point où nous en sommes, il est difficile d'être plus précis. Nous allons donc étudier des circuits et sélectionner des transistors à effet de champ en surveillant ces paramé-

tres de façon à les optimiser. Ce n'est qu'après les phases expérimentales que nous pourrions avoir des éléments pour mettre des chiffres sur des objectifs futurs.

Un autre point est la complémentarité des deux lois tension - courant des deux branches de l'étage de sortie. Il est peu raisonnable d'espérer que les composants utilisés (et plus particulièrement les transistors de commande) conduiront directement à des lois parfaitement complémentaires. c'est pourquoi il faut

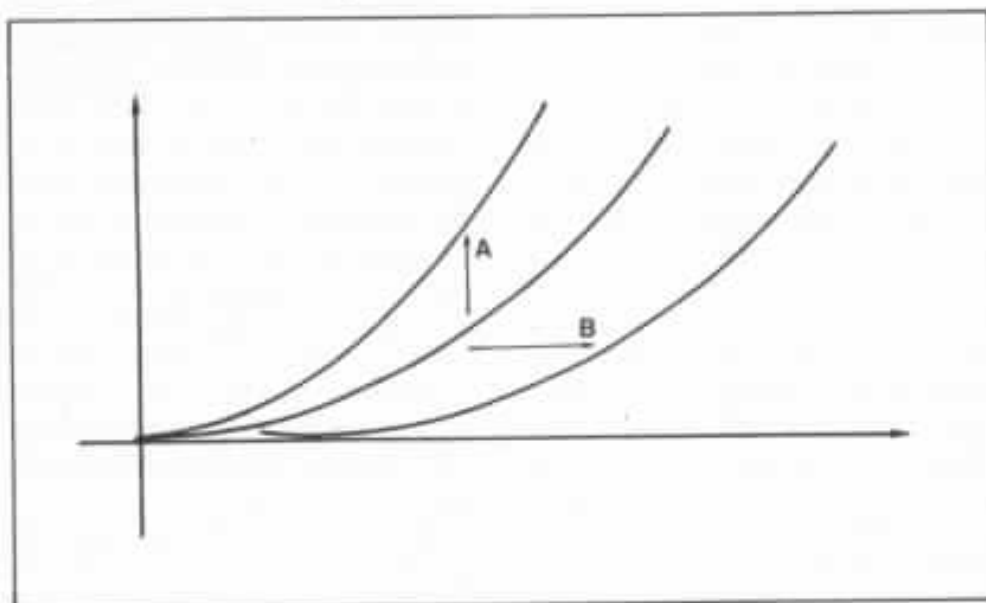


Fig. 5 : Les deux réglages de la fonction parabolique.

prévoir des réglages qui permettent d'ajuster au mieux la complémentarité des deux branches, car si ce réglage est unique en théorie, il y aura une optimisation à faire qui dépendra des imperfections de la réalisation des lois paraboliques. La figure n°5 nous aide à mieux comprendre les bases mathématiques de ces réglages. Une parabole verticale est définie par trois paramètres (a, b, c) :

$$I = aV^2 + bV + c$$

La loi parabolique étant tangente au repère de la figure n°5, cela lie les paramètres a, b, c par une relation, il n'y a donc que deux degrés de liberté. L'un peut correspondre à la forme de la parabole (A), l'autre à la position horizontale de cette parabole (B).

Le schéma de la figure n°6 nous montre les réglages envisageables dans notre solution. Le réglage 1 joue sur la forme de la parabole, le réglage 2 joue sur la position de la parabole et le réglage 3 joue sur les deux, mais de façon dépendante (ce dernier réglage se paye par une baisse de l'impédance d'entrée du montage).

Le circuit multiplicateur de courant

Il y a plusieurs façons de réaliser la fonction multiplicateur de courant ; la plus simple et la première qui vient à l'esprit est le transistor bipolaire : il permet par son amplification en courant d'obtenir un multiplicateur de courant (cf. figure n°7a). Comme nous cherchons à passer de quelques mA à quelques Ampère, il faut pour avoir un gain suffisant utiliser un montage de type Darlington (cf. figure n°7b). Mais on contrôle mal le pouvoir multiplicateur ainsi obtenu : il dépend de la température des transistors (attention à la distorsion thermique) et de la tension V_{CE} (un

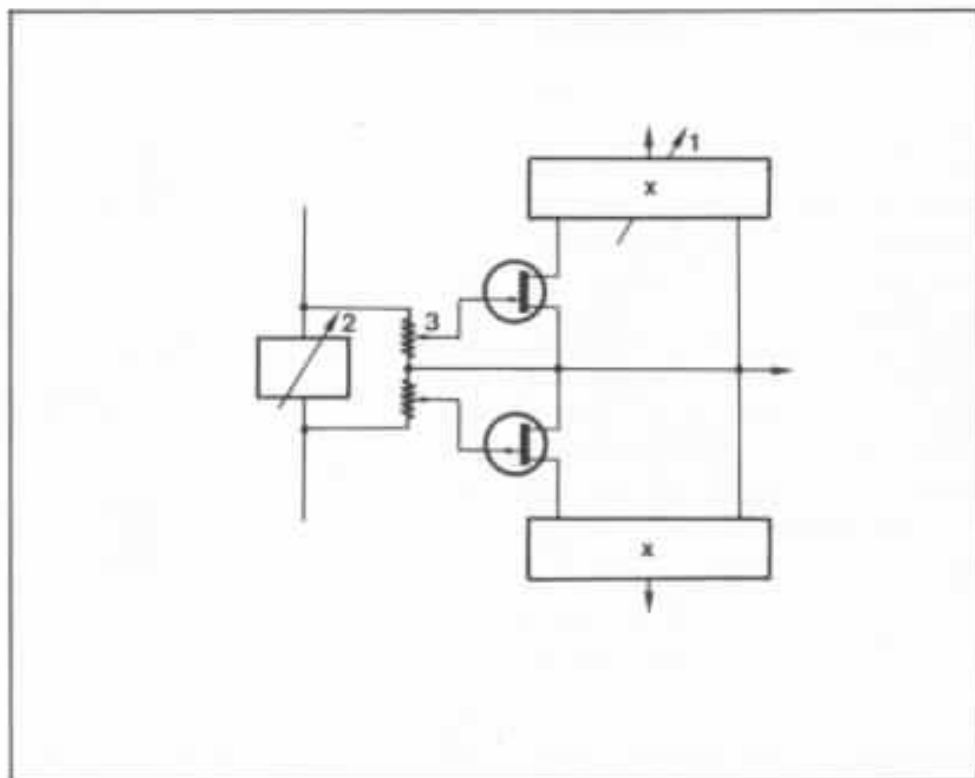


Fig. 6 : Les réglages possibles.



Fig. 7 : Le multiplicateur de courant le plus simple.

montage de type cascode peut aider à limiter ces problèmes), il varie avec la valeur du courant et il n'est pas ajustable. L'oscillogramme de la figure n°8 nous montre les performances qu'il est possible d'obtenir avec ce montage simple. Le résultat n'est pas très linéaire, la concavité obtenue qui est due à la baisse du gain en courant quand celui-ci augmente, va dans le mauvais sens et s'oppose à celle que nous cherchons à obtenir pour accroître le rendement.

En partant de ce montage, on peut en faisant intervenir la contre-réaction s'affranchir des variations et des dispersions du β

des transistors (cf. figure n°9). Cette évolution qui permet d'introduire un réglage du gain en courant du montage (en faisant varier R_E ou plus simplement R_B), revient en fait à transformer le courant d'attaque en une tension (aux bornes de R_B) qui est translatée aux bornes de R_E qui retransforme la tension en courant. On obtient bien un fonctionnement plus linéaire, les non-linéarités des transistors intervenant seulement aux courants faibles mais on ampute une partie du signal (voir l'oscillogramme de la figure n°10), car un courant minimum est nécessaire pour polariser le montage.

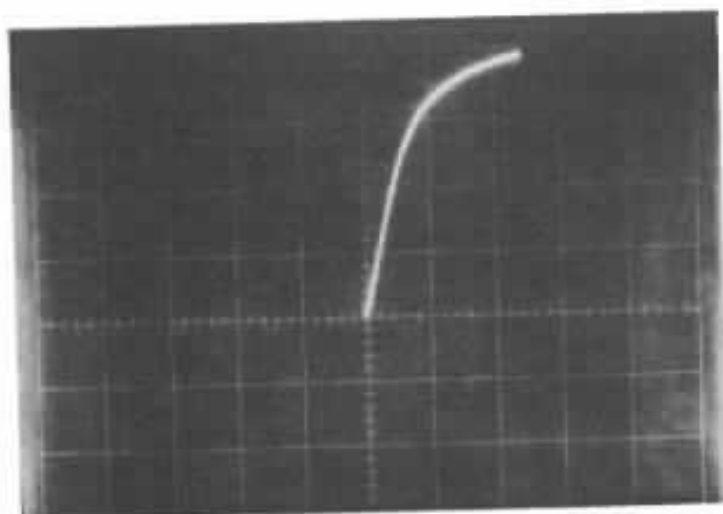


Fig 8 : Fonction de transfert du montage Darlington, en tant que multiplicateur de courant. Horizontalement, courant d'entrée (0,5 mA/div.), verticalement, courant de sortie (1 A/div.).

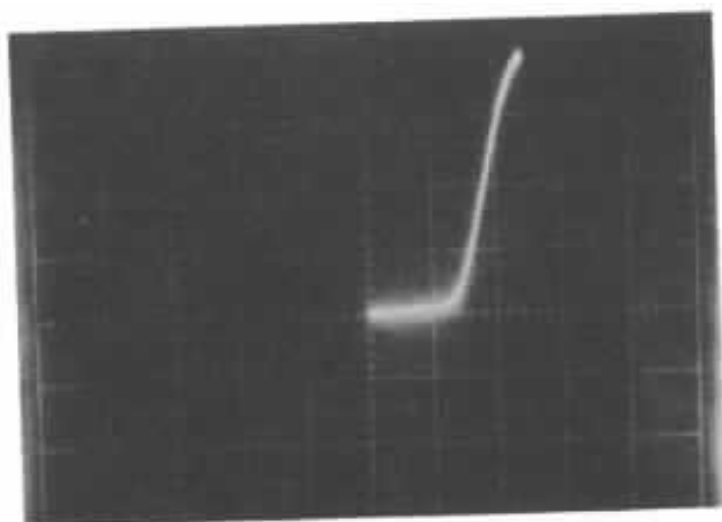


Fig 10 : Fonction de transfert du montage Darlington réglable et linéarisé. Horizontalement, courant d'entrée (1 mA/div.), verticalement, courant de sortie (1 A/div.).

Dans notre application, cela revient à supprimer le sommet de la parabole ; même si cela n'est pas satisfaisant pour l'esprit, la figure n°11 nous montre que théoriquement cela ne compromet pas le fonctionnement recherché pour notre montage. Ce qui est plus gênant, ce sont les petits accidents qui accompagnent le déblocage du circuit, si on veut travailler en classe AB quadratique. Dans le cas contraire leur seul défaut (qui est aussi celui des courbes paraboliques de la figure n°11) est une perte de rendement. De la même façon qu'en classe A linéaire classique on peut perdre en rendement en ayant un courant de repos trop élevé.

Tant qu'à faire intervenir la contre-réaction, on peut aussi utiliser un générateur de courant

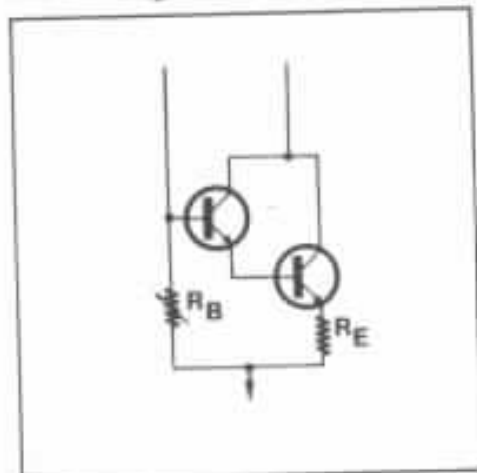


Fig. 9 : Réglage et linéarisation.

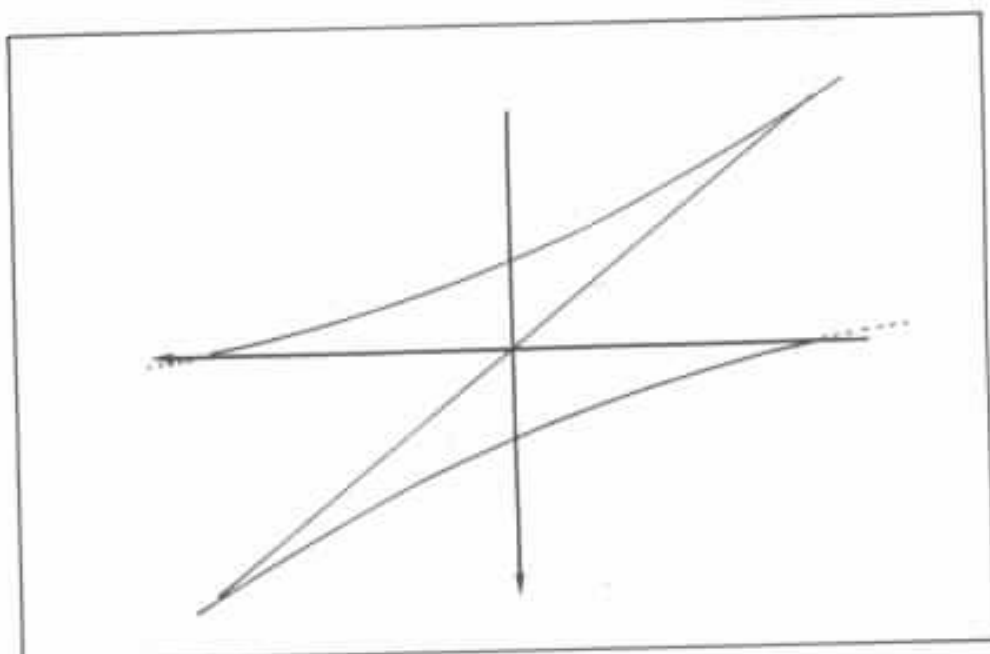


Fig. 11 : perte de rendement due à la troncature des paraboles ; le montage est plus linéaire et moins parabolique.

réalisé au moyen d'un amplificateur opérationnel et commandé par le courant d'entrée trans-

formé en tension par une résistance de charge (voir le schéma de principe sur la figure n°12).

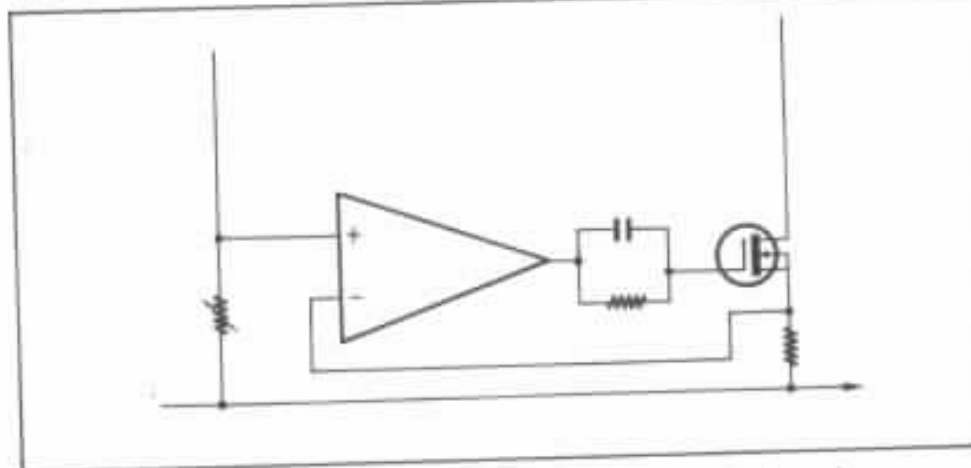


Fig. 12 : Multiplicateur de courant à amplificateur opérationnel.

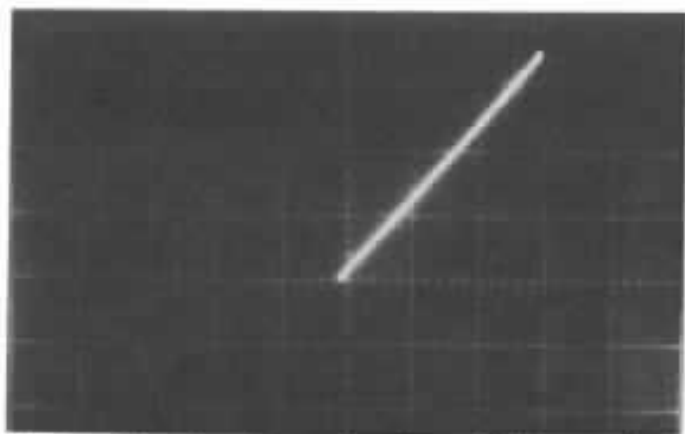


Fig. 13 : Fonction de transfert du multiplicateur de courant réalisé avec un amplificateur opérationnel. Horizontalement, courant d'entrée (5 mA/div.), verticalement, courant de sortie (1 A/div.).

C'est suivant ce principe que nous avons réalisé un tel multiplicateur avec un amplificateur opérationnel tout fait en circuit intégré et nous avons obtenu les résultats de la figure n°13.

Ces résultats semblent satisfaisants, c'est pourquoi nous avons aussi réalisé le circuit complémentaire (les résultats de ce circuit complémentaire font l'objet de la figure n°14) de manière à avoir un premier couple de circuit multiplicateur pour nos expérimentations globales. Mais il ne faut pas oublier les défauts intrinsèques de cette solution ; ce sont ceux des amplificateurs opérationnels intégrés, que nous avons déjà dénoncés dans ces colonnes : la linéarité aux fréquences audio sacrifiée au profit du gain en continu et aux fréquences subaudio, distorsion thermique due au confinement de tous les composants du circuit sur la puce. Ces problèmes ne sont sans doute pas très gênants ici. Par contre, on peut se poser des questions sur les limitations de la bande globale en boucle ouverte de l'amplificateur complet utilisant un étage de sortie ainsi réalisé. Bien conscient de ces problèmes, nous avons toutefois décidé d'explorer ainsi ce type de solution, en sachant qu'il sera toujours possible de l'améliorer par la suite en utilisant un amplificateur opérationnel de

notre conception bien adapté à notre besoin, mais il eut été peu raisonnable de se lancer a priori dans cette étude complexe, avant d'avoir mieux cerné les problèmes de tout l'étage de sortie.

On peut aussi chercher à réaliser un multiplicateur de courant en partant du principe du miroir de courant. Son principe est très connu (cf fig. 15a) depuis sa très grande diffusion dans les circuits monolithiques : Le courant d'entrée impose en A la tension nécessaire pour que T_1 et T_2 soient parcourus par ce même courant d'entrée. Ce schéma de base présente quelques imperfections dues aux courants de base et aux différences entre les V_{CE} des deux transistors ; c'est pour y remédier que G. R. Wilson en a proposé (dans «A monolithic junction FET-npn opérationnel amplifier», IEEE J. of Solid-State Circuits, SC3 n°4, déc. 1968) une version améliorée (cf fig. n°15b). Une dernière amélioration de ce circuit (cf fig. n°15c) a été proposée par B. L. Hart et R. W. J. Baker dans «D.C. Matching Errors in the Wilson Current Source» (Electronics Letters du 22 juil. 1976). Ce circuit qui est très linéaire (si les transistors sont identiques) et rapide (si les transistors ont des fréquences de coupure assez élevées et des capacités parasites faibles) peut avoir un gain en courant supérieur à 1, en utili-

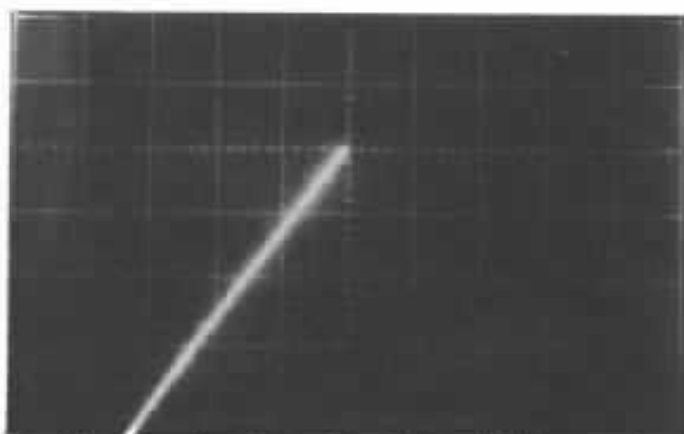


Fig. 14 : Fonction de transfert du multiplicateur de courant complémentaire réalisé avec un amplificateur opérationnel. Horizontalement, courant d'entrée (5 mA/div.), verticalement, courant de sortie (1 A/div.).

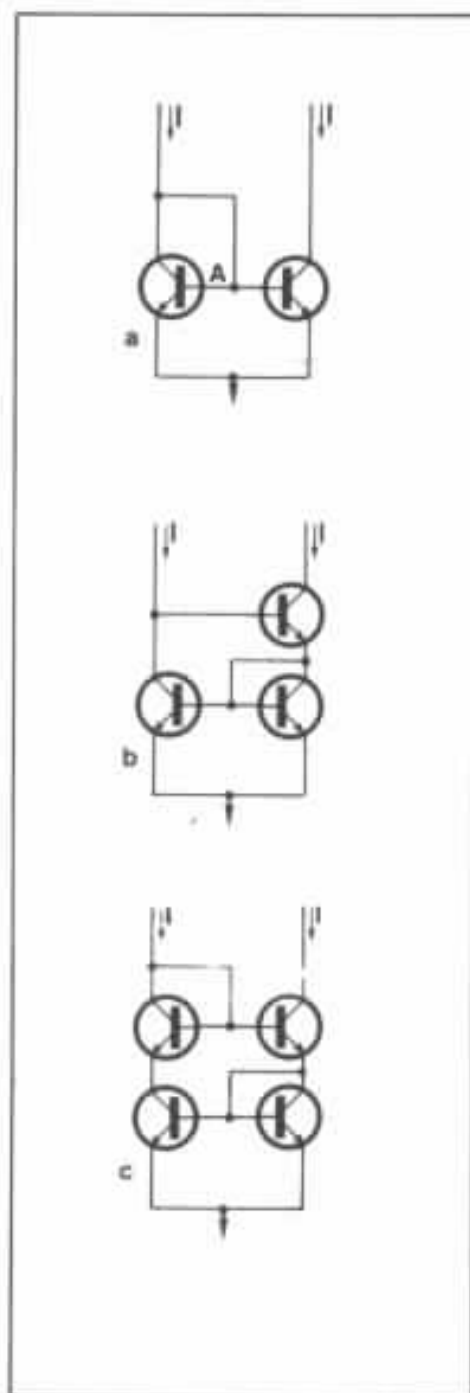


Fig. 15 : Le miroir de courant.

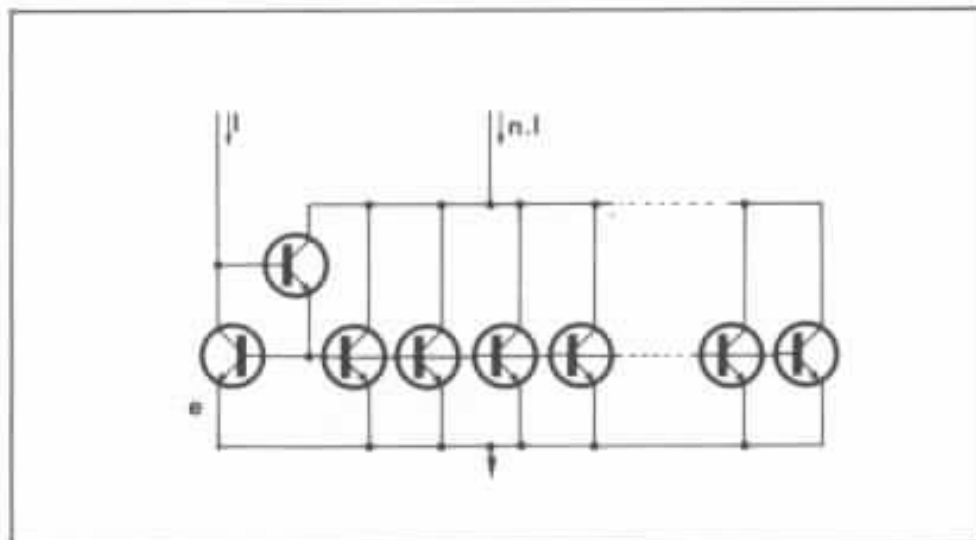
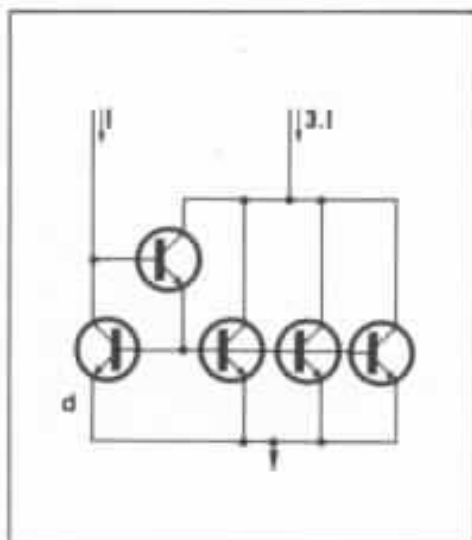


Fig. 15 (suite) : Le miroir de courant.

sant plusieurs transistors en parallèle (cf fig. n° 15 d). Dans notre cas nous cherchons un gain de l'ordre du millier, c'est pourquoi l'utilisation directe de cette solution (même si elle pourrait être imaginable dans le cadre d'une intégration monolithique) est hors de portée de nos modestes moyens (cf fig. n° 15e).

Il est possible d'envisager d'utiliser plusieurs circuits de ce type en cascade. En effet si on considère (cf fig. n° 16) comme sortie non pas le point C, mais le point B, et que le nombre de transistors en parallèle est N , nous avons un gain en courant de $N + 1$. Si nous cascadons ainsi P étages (cf fig. n° 17) nous obtenons un circuit multiplicateur de courant avec un gain qui vaut $(N + 1)^P - 1$, au moyen de $P(N + 2)$ transistors. On peut ainsi obtenir avec 25 transistors un gain de 1024, avec 32 un gain de 2400, avec 30 un gain de 3024 ou encore avec 28 un gain de 1296. Ces quelques exemples montrent que si cette solution est moins délirante, elle n'est pas simple et nous n'avons pas voulu nous engager dans cette voie.

C'est pourquoi nous avons eu recours à un circuit original de notre conception qui s'il n'est pas aussi linéaire aux basses fréquences que celui de la figure n° 12, présente néanmoins des performances de linéarité hono-

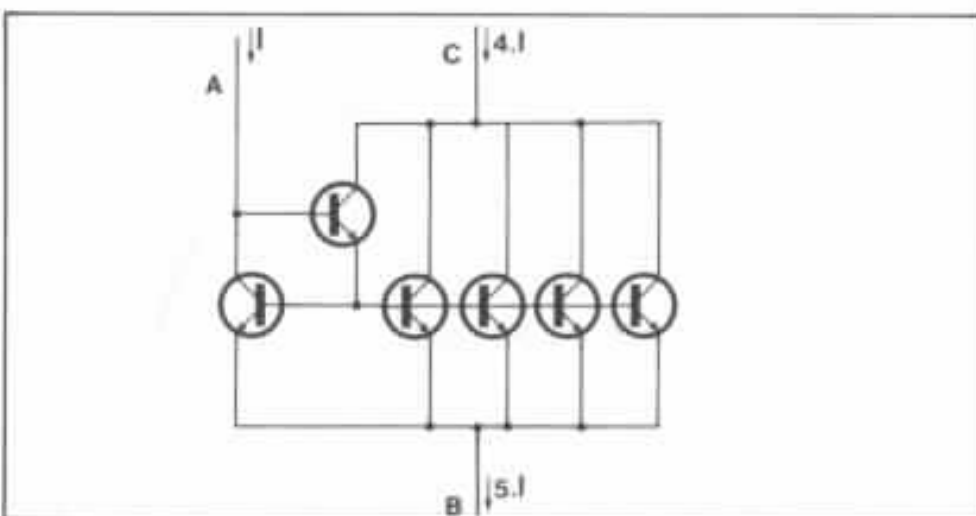


Fig. 16 : Une autre façon d'utiliser le miroir de courant.

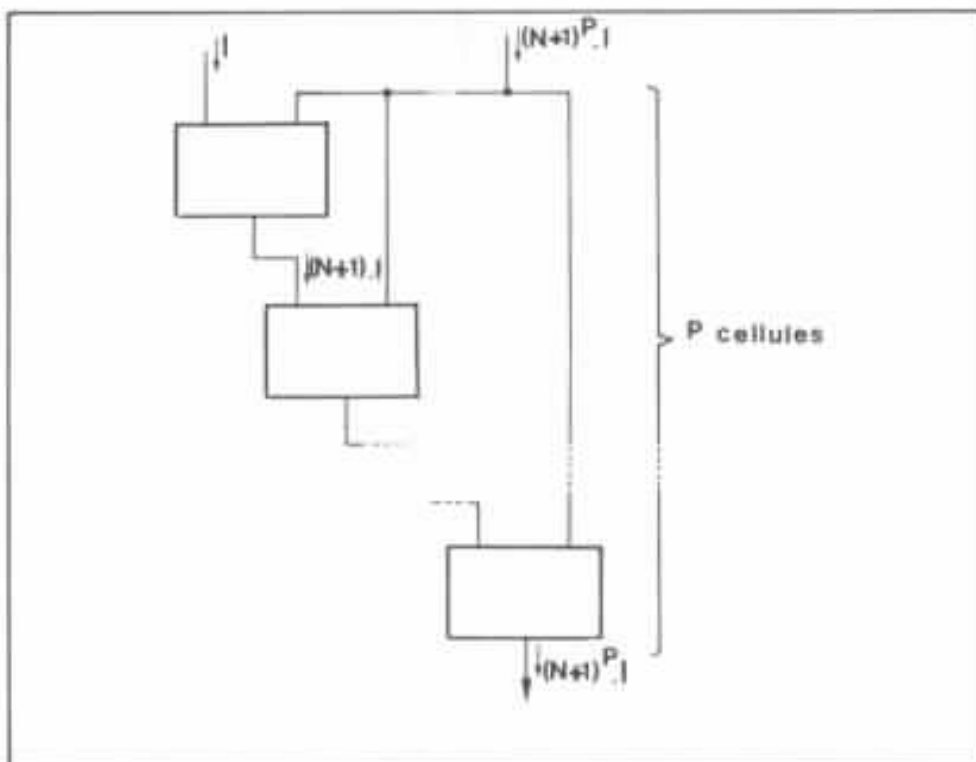


Fig 17 : Multiplicateurs de courant cascades.

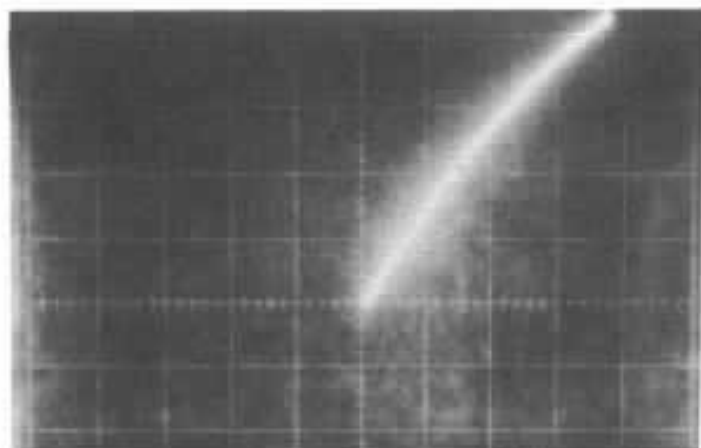


Fig. 18 : Fonction de transfert du multiplicateur de courant en éléments discrets. Horizontalement, courant d'entrée (1 mA/div.), verticalement, courant de sortie (1 A/div.).

rables (cf fig. n° 18), une possibilité de réglage continu du gain et une bande passante importante sans faire usage de la contre-réaction. Nous avons aussi réalisé sa version complémentaire (voir ses performances en figure n° 19) et nous avons donc disposé de deux jeux de circuits multiplicateurs de courant pour nos expérimentations : l'un à base de circuits intégrés, l'autre en éléments discrets.

Lors de nos expérimentations de solutions à transistor bipolaires de commande (dans l'Audio-ophile n° 37) nous avons regretté de ne pas disposer encore de ces circuits multiplicateurs de courant. C'est pourquoi nous sommes revenue à cette solution avec ces circuits, et avons refait des mesures.

Tout d'abord, comme la dernière fois avec une résistance d'émetteur de 100 Ω et les circuits multiplicateurs à circuits intégrés (les résultats font l'objet des figures n° 20 et 21) puis toujours avec 100 Ω et les circuits multiplicateurs de courant en éléments discrets (cf fig. n° 22 et 23). Les possibilités de réglage de nos montages nous ont permis de réduire simplement les dissymétries que nous avons constatés dans la première version de ce montage. Ensuite nous avons recommencé notre série de mesu-

res avec une résistance de 20 Ω et les circuits multiplicateurs à circuits intégrés (fig. n° 24 et 25), puis avec les circuits multiplicateurs en éléments discrets (fig n° 26 et 27).

A la suite du soin que nous avons apporté à l'amélioration de la première version on ne peut pas parler de progrès importants, mais ces résultats ont été plus simples à obtenir. Maintenant refermons cette parenthèse, et revenons au sujet principal de notre article.

Test et choix des transistors à effet de champ

En théorie il ne devrait pas y avoir de problèmes pour les transistors de commande de notre montage ; en effet les transistors à effet de champ à jonction (JFET en anglais) obéissant à une loi

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$$

et les transistors à effet de champ MOS (MOSFET en anglais) obéissant à une loi

$$I_D = \alpha (V_{GS} - V_{GS(th)})^2$$

Mais ces lois sont théoriques et correspondent à des modèles qui simplifient la réalité physiques et ne tiennent pas compte de tous les phénomènes qui ont des effets parasites. C'est pourquoi

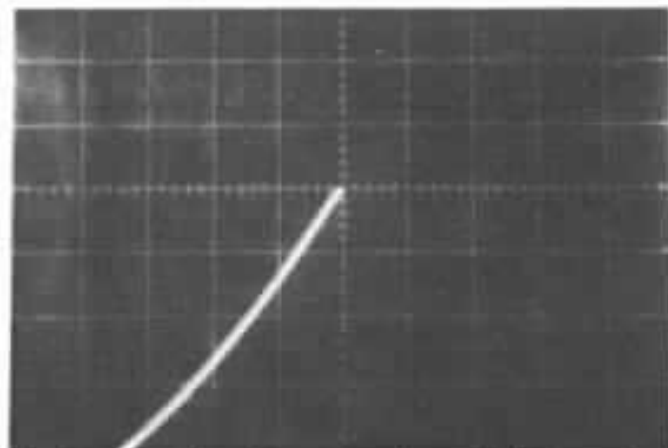


Fig 19 : Fonction de transfert du multiplicateur de courant en éléments discrets complémentaires. Horizontalement, courant d'entrée (1 mA/div.), verticalement, courant de sortie (1 A/div.).

nous avons voulu vérifier la quadraticité des transistors à effet de champ que nous étions susceptibles d'utiliser. C'est une mesure assez originale qui n'est pas prévue par les testeurs ordinaires pour composants actifs. Mesurer point par point la caractéristique I_D/V_{GS} aurait été fastidieux et n'aurait pas pris en compte les phénomènes dynamiques (en particulier l'équilibre thermique qui dépend de V_{DS}), c'est pourquoi nous avons réalisé notre propre testeur de transistor à effet de champ. C'est un investissement assez important mais ce testeur particulier pourra peut-être trouver une autre utilité dans nos recherches sur les étages bas niveau.

Son principe est simple : si on prend les deux relations entre I_D et V_{GS} citées ci-dessus et qu'on résout les deux équations en V_{GS} qu'elles sont aussi, on obtient :

$$V_{GS} = V_P \left(1 - \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}}\right)$$

et

$$V_{GS} = V_{GS(th)} + \sqrt{\frac{I_D}{\alpha}}$$

Donc si on impose un courant I_D de la forme $I_D = a.t^2$ à un transistor à effet de champ, on obtient en théorie une tension V_{GS} qui est linéaire en fonction

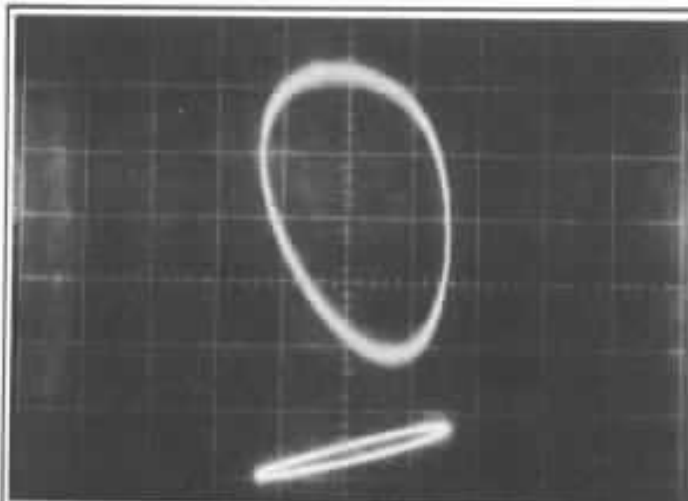


Fig. 20a : Test à 1 kHz (1 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (1 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (100 mV/div.), en bas, signal de sortie du montage testé (500 mV/div.).

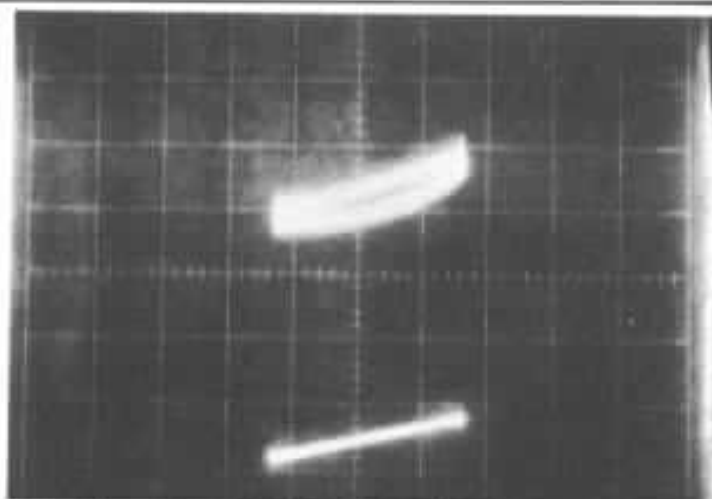


Fig. 20b : Test à 100 Hz (1 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge. En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (100 mV/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (500 mV/div.).

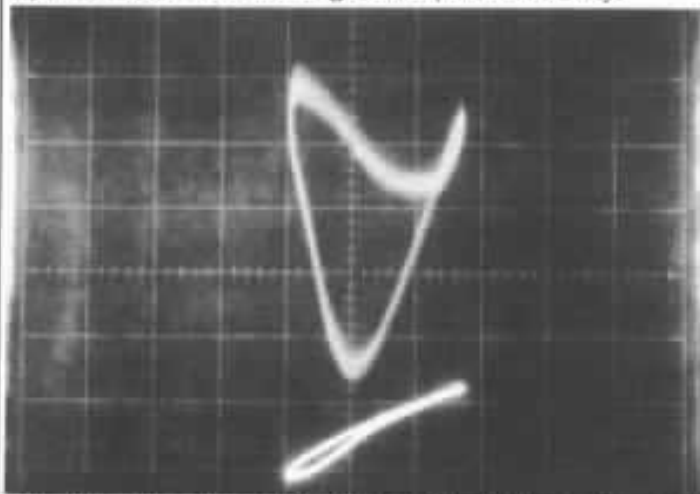


Fig. 20c : Test à 10 kHz (1 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (1 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (100 mV/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (500 mV/div.).

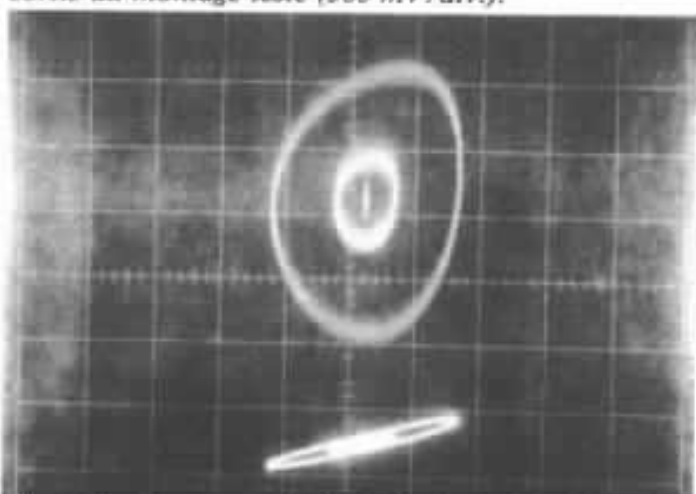


Fig. 20d : Test en transitoire à 1 kHz (1 A et 0,3 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (1 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (100 mV/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (500 mV/div.).

Fig. 20 : Aspect de la distorsion pour le montage avec bipolaire ($R_E = 100 \Omega$) et multiplicateur de courant à amplificateur opérationnel.

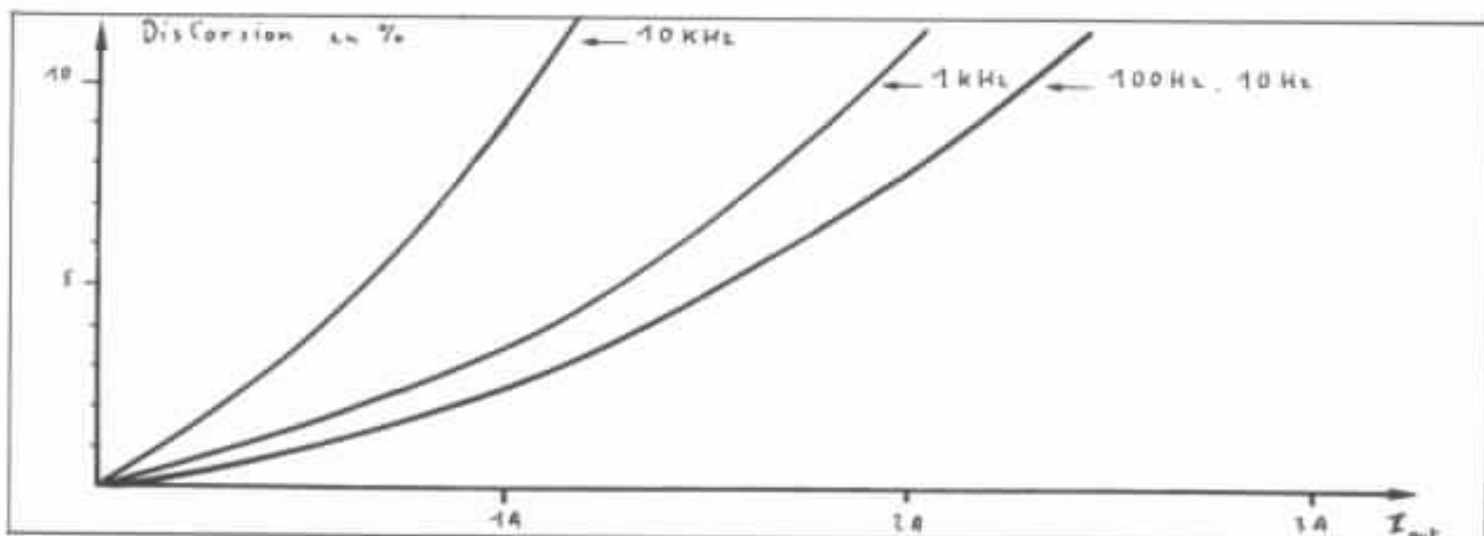


Fig. 21 : Courbes de distorsion pour le montage avec bipolaire ($R_E = 100 \Omega$) et multiplicateur de courant à amplificateur opérationnel. Le comportement est voisin du montage classique avec de gros problèmes de commutation. Ici, nous sommes en classe A ($I_0 = 1,5 A$).

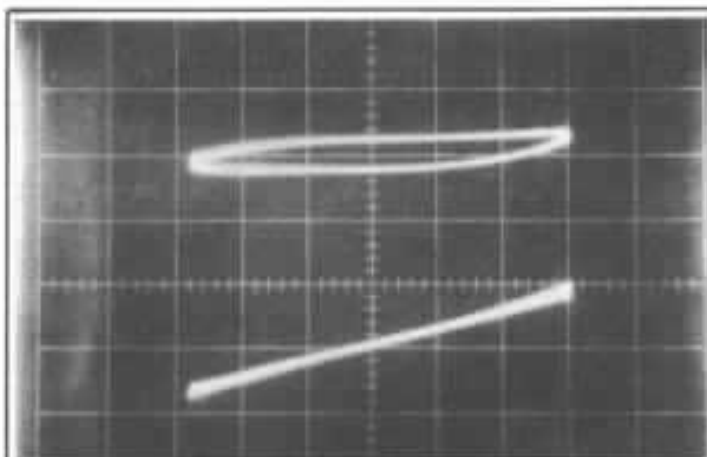


Fig. 22a : Test à 1 kHz (2 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (1 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (20 mV/div.), en bas, signal de sortie du montage testé (200 mV/div.).

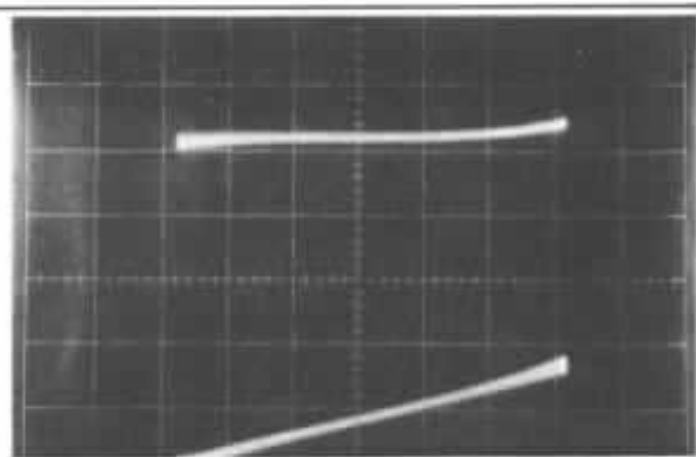


Fig. 22b : Test à 100 Hz (2 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (1 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (20 mV/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (200 mV/div.).

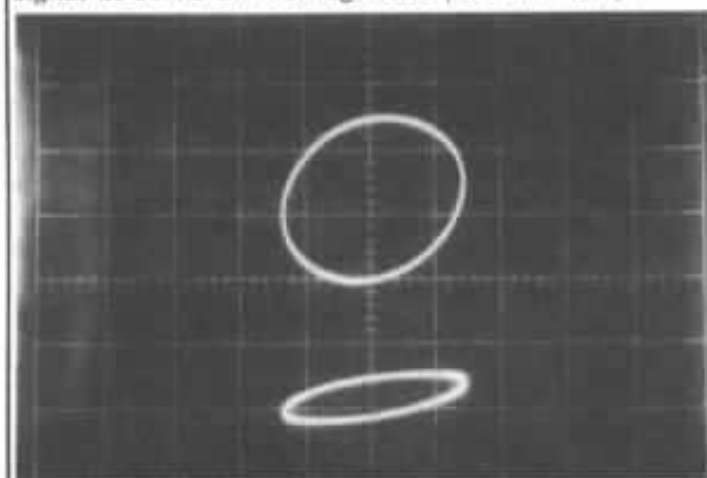


Fig. 22c : Test à 10 kHz (1 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (1 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (100 mV/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (200 mV/div.).

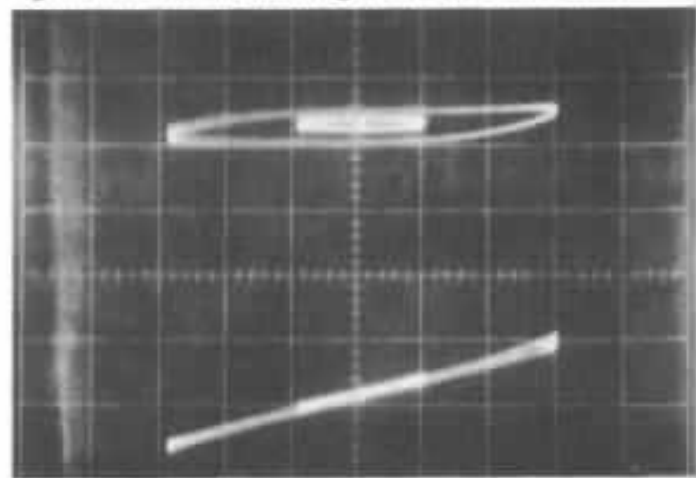


Fig. 22d : Test en transitoire à 1 kHz (2 A et 0,6 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (1 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (20 mV/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (200 mV/div.).

Fig. 22 : Aspect de la distorsion pour le montage avec bipolaire ($R_E = 100 \Omega$) et multiplicateur de courant en éléments discrets.

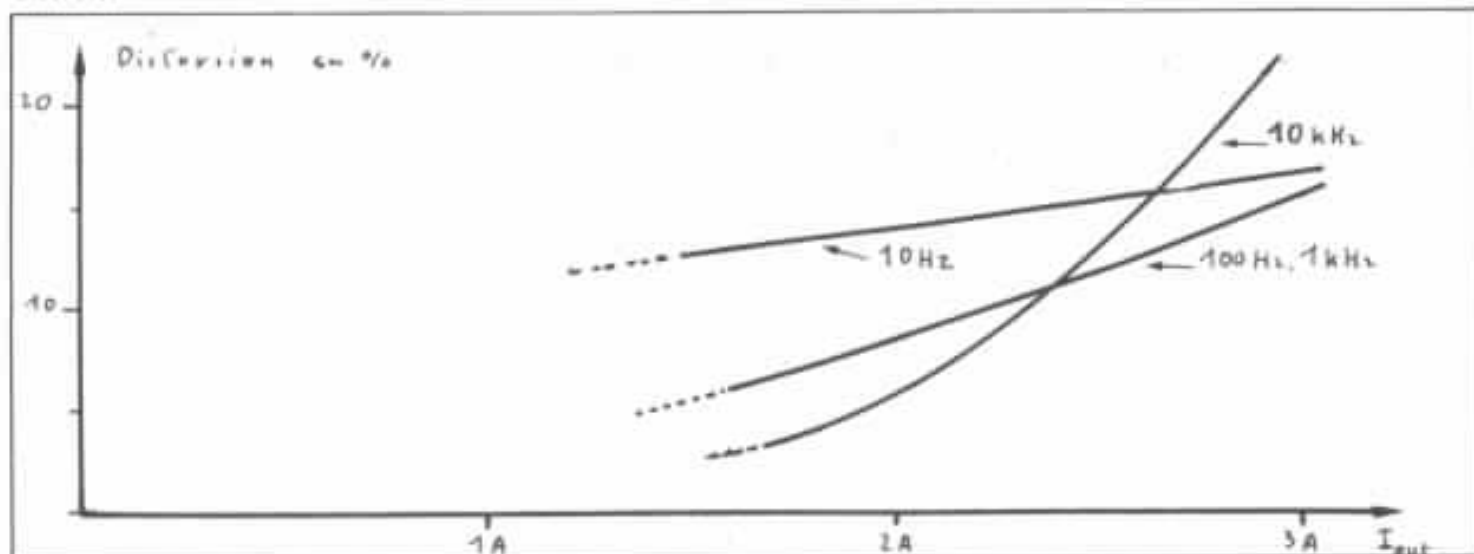


Fig. 23 : Courbes de distorsion du montage avec bipolaire ($R_E = 100 \Omega$) et multiplicateur de courant en éléments discrets. Le comportement est plus satisfaisant que pour le circuit testé précédemment : les commutations se passent mieux, les distorsions ne croissent plus avec la fréquence (problème lié à la contre-réaction de l'amplificateur opérationnel). Ici, nous avons trouvé $Z_{out} = 0,05 \Omega$ et I_0 est réglé à 1,05 A. La faible impédance trouvée fait que nous sommes en limite de mesure pour nos appareils.

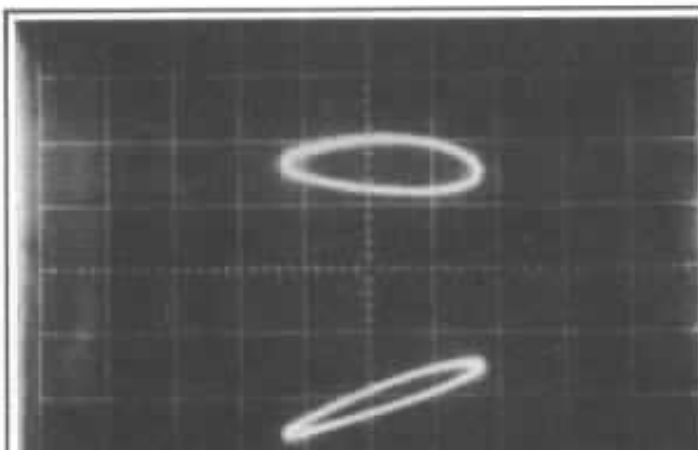


Fig. 24a : Test à 1 kHz (1 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (1 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (100 mV/div.), en bas, signal de sortie du montage testé (200 mV/div.).

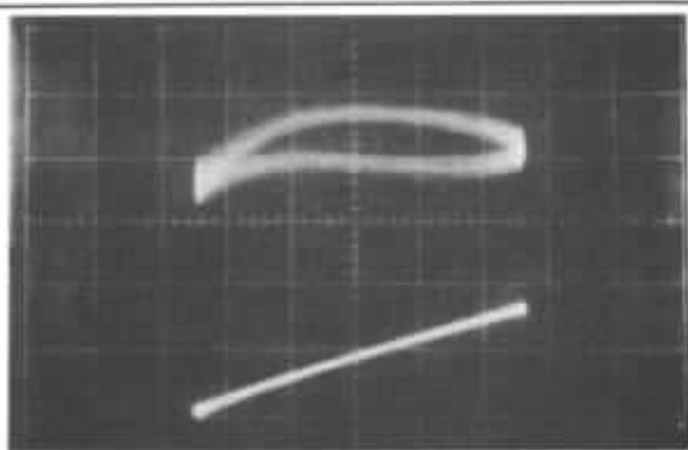


Fig. 24b : Test à 100 Hz (1,7 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (1 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (20 mV/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (200 mV/div.).

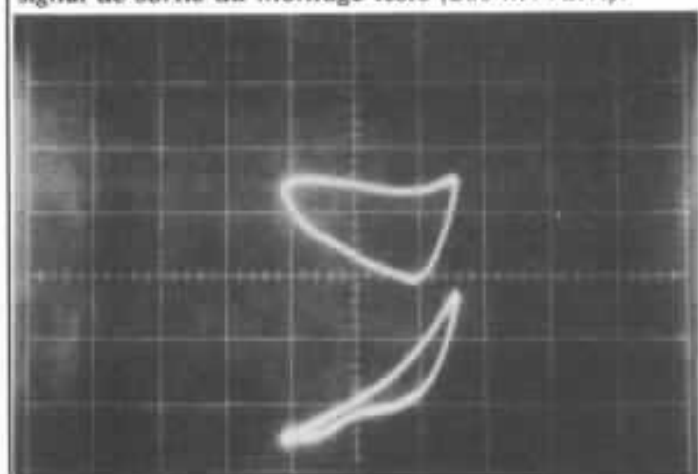


Fig. 24c : Test à 10 kHz (1 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (1 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (200 mV/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (200 mV/div.).

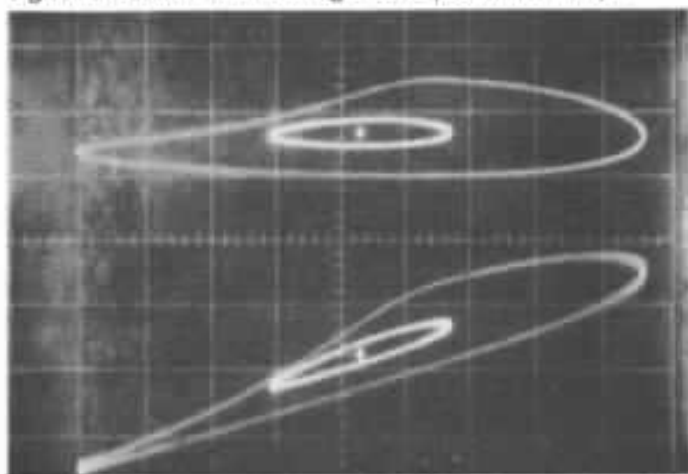


Fig. 24d : Test en transitoire à 1 kHz (3 A et 1 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (1 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (200 mV/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (200 mV/div.).

Fig. 24 : Aspect de la distorsion pour le montage avec bipolaire ($R_E = 20 \Omega$) et multiplicateur de courant à amplificateur opérationnel.

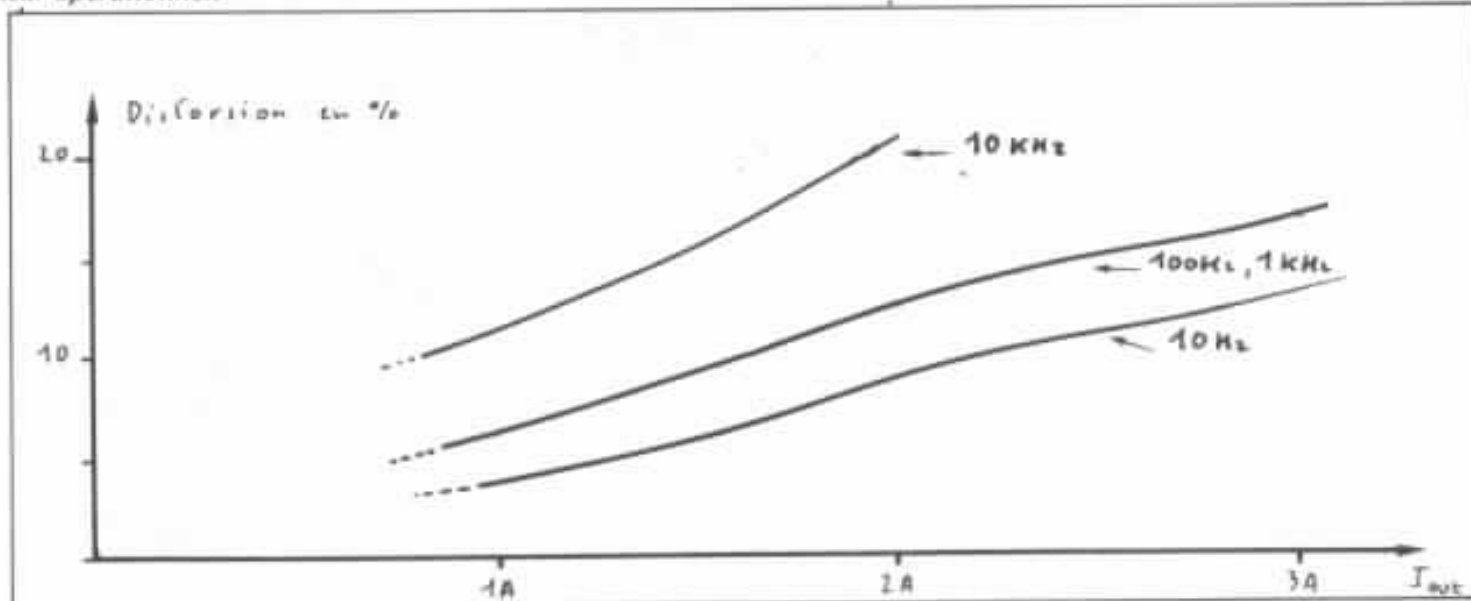


Fig 25 : Courbes de distorsion pour le montage bipolaire ($R_E = 20 \Omega$) et multiplicateur de courant à amplificateur opérationnel. $I_O = 1 A$ et $Z_{out} = 0,02 \Omega$. Nous retrouvons la croissance de la distorsion avec la fréquence (amplificateur opérationnel) et une impédance assez faible pour limiter nos mesures pour les courants de sortie faibles.

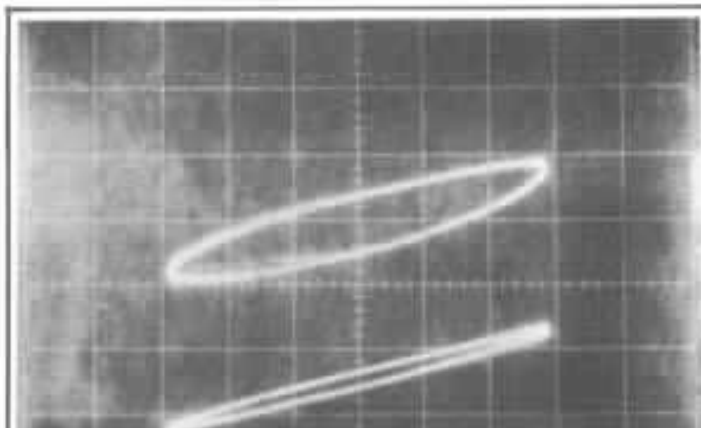


Fig. 26a : Test à 1 kHz (2 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (1 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (50 mV/div.), en bas, signal de sortie du montage testé (200 mV/div.).

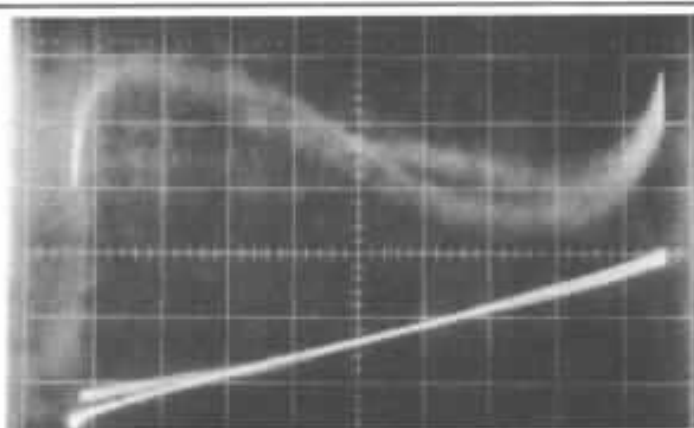


Fig. 26b : Test à 100 Hz (3 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (1 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (10 mV/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (200 mV/div.). Nota : Le petit doublement en bout de courbe est dû à une instabilité liée à une ronflette secteur.

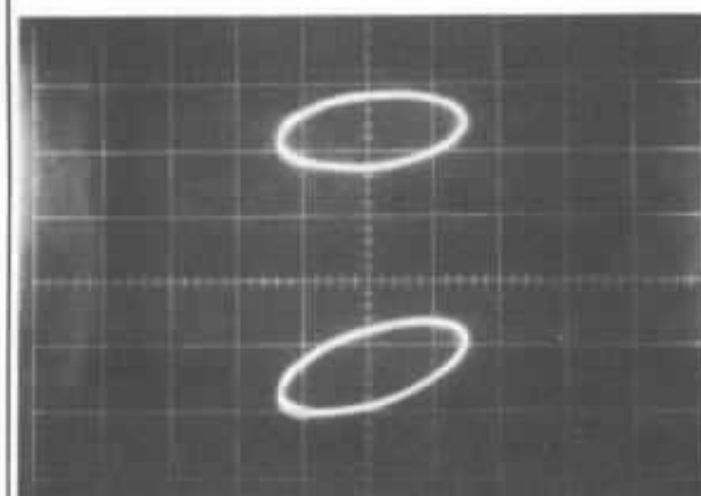


Fig. 26c : Test à 10 kHz (1 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (1 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (200 mV/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (200 mV/div.).

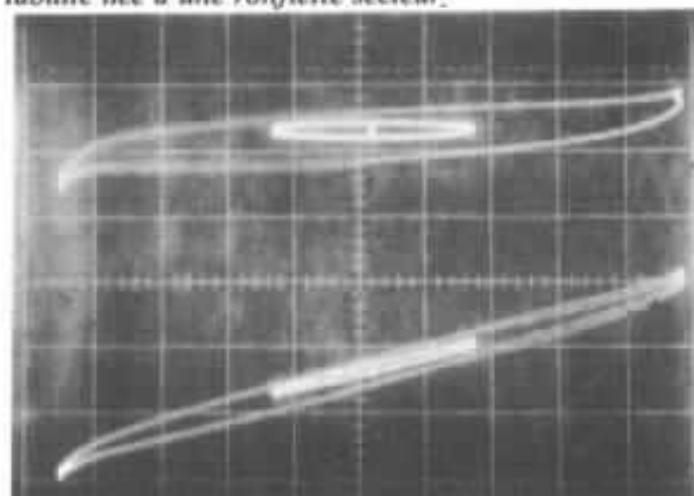


Fig. 26d : Test en transitoire à 1 kHz (3 A et 1 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (1 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (100 mV/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (200 mV/div.).

Fig. 26 : Aspect de la distorsion pour le montage avec bipolaire ($R_E = 20 \Omega$) et multiplicateur de courant en éléments discrets.

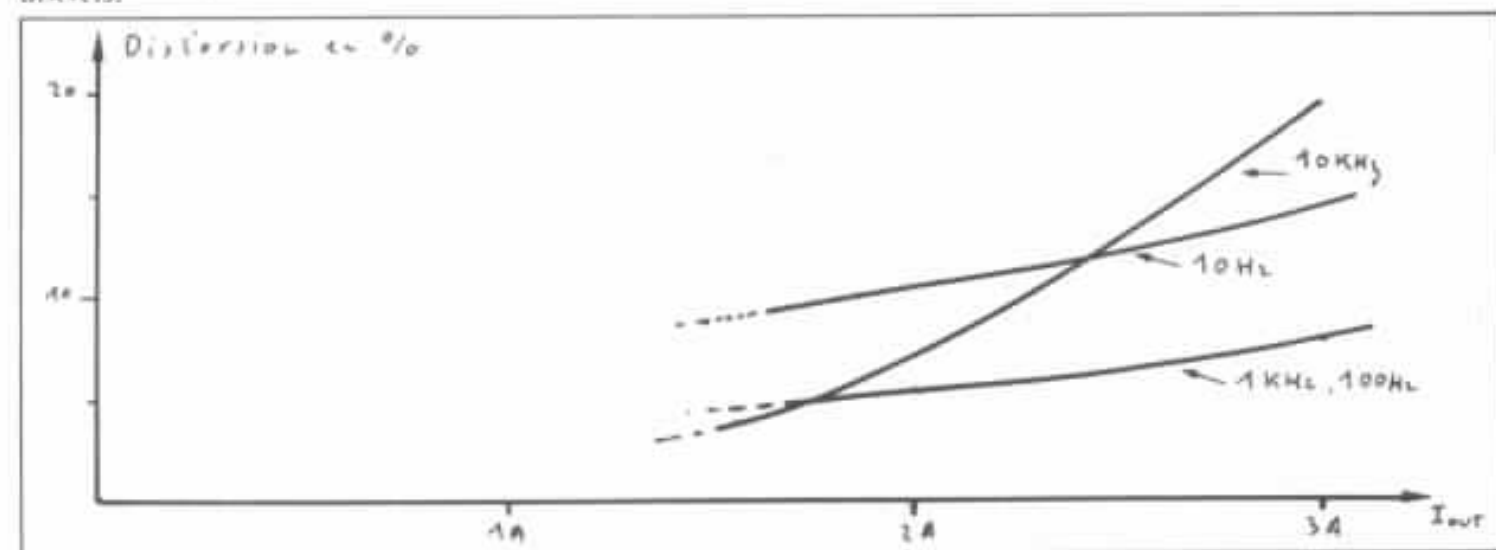


Fig. 27 : Courbe de distorsion pour le montage avec bipolaire ($R_E = 20 \Omega$) et multiplicateur de courant en éléments discrets. $I_0 = 1 A$ et $Z_{out} = 0,053 \Omega$. Ici encore, la faible valeur de Z_{out} limite les mesures pour les courants faibles. Les chiffres de distorsion peuvent sembler élevés, mais il ne faut pas les prendre dans l'absolu pour la comparaison avec les autres circuits.

du temps (cf figure n° 28) ce qui est un critère simple à vérifier. C'est le principe de notre testeur dont le schéma pour tester les transistors canal N est donné en figure n° 29) (avec quelques circuits supplémentaires commutables, on obtient le schéma de la figure n° 30 qui correspond au test des transistors canal P). La différence entre les transistors à effet de champ à enrichissement et les transistors à effet de champ à appauvrissement (c'est-à-dire entre les transistors à effet de champ MOS et à jonction) ne se traduisant que par un décalage de la tension V_{GS} , notre montage est donc apte sans modification à mesurer ces deux types de transistors.

Le résultat de notre test est donc la différence entre une rampe linéaire (en B) et la tension V_{GS} (en A) qui résulte de la rampe de courant parabolique imposée au transistor monté en gate commun. Il s'observe et se chiffre simplement au moyen d'un oscilloscope ; cette observation fournit aussi l'allure générale des différences entre la courbe théorique et la courbe réelle, c'est bien utile pour sentir intuitivement ce qui va se passer dans notre montage.

Si la génération d'une rampe linéaire de précision est facile à réaliser, la génération d'une rampe parabolique est loin d'être évidente ; on peut utiliser des circuits de traitement analogiques (multiplicateurs, logarithmiques et exponentiels par exemple) mais ils sont délicats à réaliser ou coûteux à l'achat et ils présentent des erreurs. C'est pourquoi nous avons retenu une solution à base de circuits digitaux associés à des convertisseurs numérique-analogique. La quantification de la finesse de nos mesures qui en résulte n'est pas très gênante et nous maîtrisons bien mieux les erreurs qui sont dues à notre testeur (le digital a

parfois du bon en analogique).

Après les problèmes de mesure la deuxième difficulté à laquelle nous nous sommes heurté, c'est la disparition de nombreuses références de transistors à effet de champ. Celle-ci est la conséquence des progrès de fabrication des circuits intégrés : ils permettent maintenant des performances qui, il y a peu de temps, n'étaient accessibles qu'à des circuits réalisés en éléments discrets (principalement très faibles courants d'entrée et de fuites). Le marché se rétrécissant, les fabri-

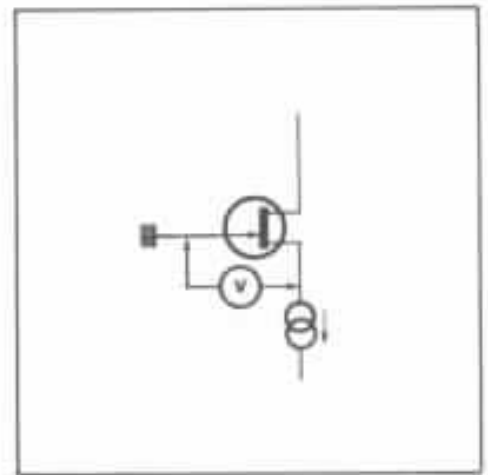


Fig. 28 : Mesure de V_{GS} pour I_D donné.

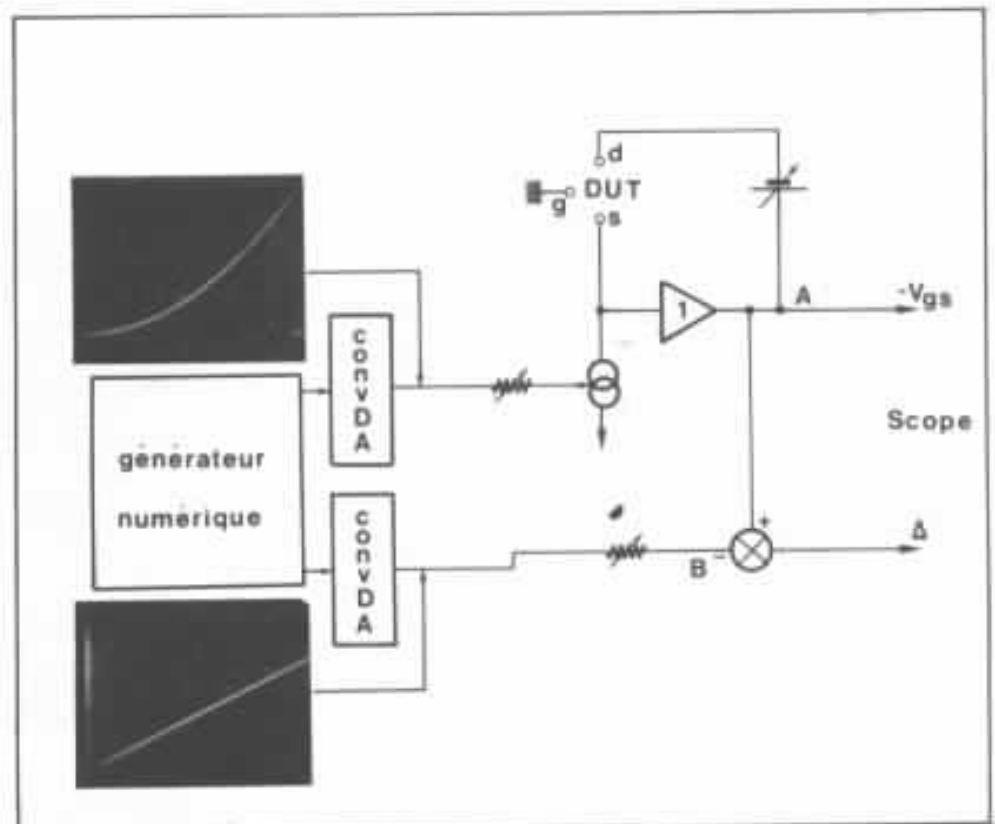


Fig. 29 : Schéma de principe de notre testeur de Fet.

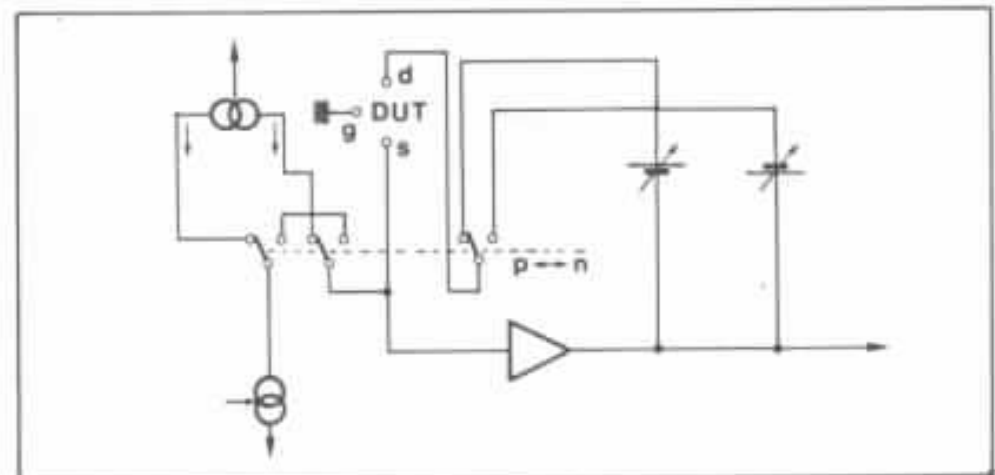


Fig. 30 : Adaptation de notre testeur aux deux polarités des Fets.

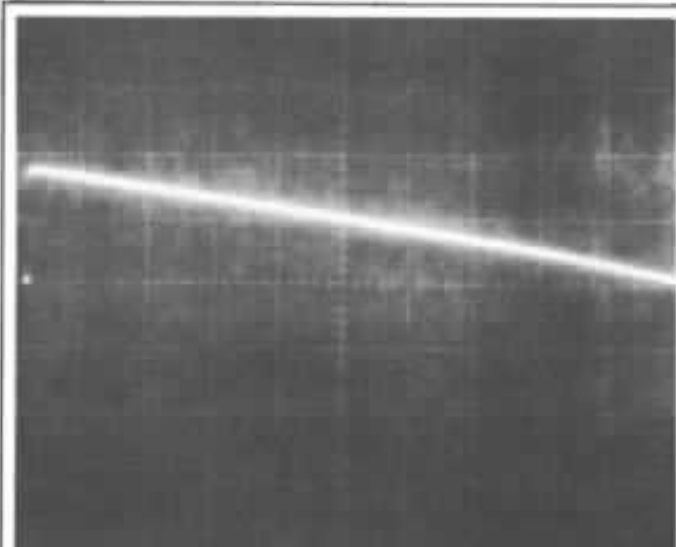


Fig. 31a : Evolution de $-V_{GS}$ (0,5 V/div.) lorsque la rampe parabolique de courant en conduit pas à des V_{GS} négatifs. La loi parabolique est assez bien respectée.

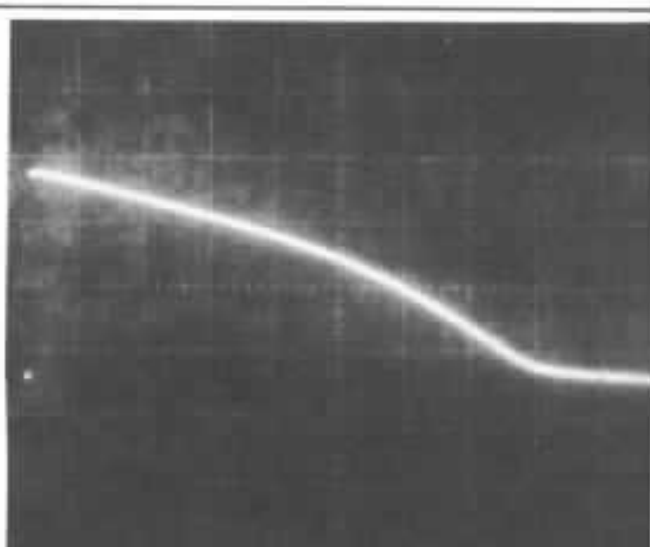


Fig 31b : Evolution de $-V_{GS}$ (0,5 V/div.) lorsque la rampe parabolique de courant excède I_{DSS} : la loi parabolique est déformée, $-V_{GS}$ devient négatif (le graticule est centré sur 0 V comme pour les autres oscillogrammes de $-V_{GS}$) puis sature vers $-0,6$ V.

Fig. 31 : Saturation du transistor à effet de champ.

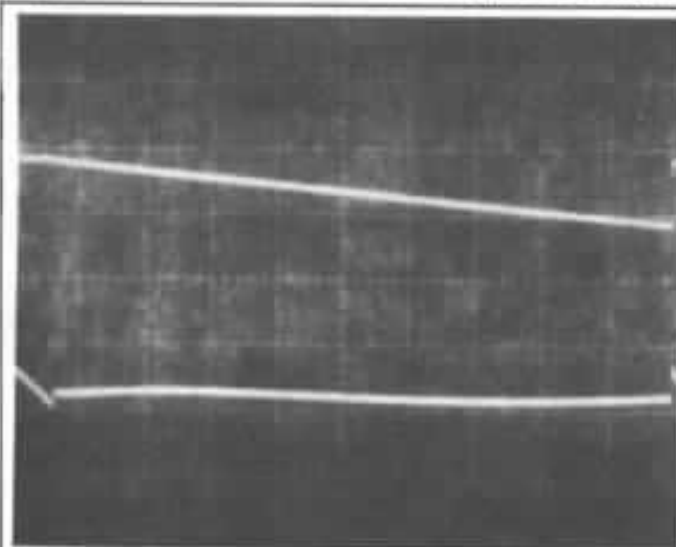


Fig. 32a : $V_{DS} = 5$ V.

Les deux oscillogrammes ont été pris dans les mêmes conditions : en haut $-V_{GS}$ (0,5 V/div.). En bas, écart par rapport à la loi parabolique (50 mV/div.). Nota : les accidents du début de la courbe correspondent aux courants de fuite du transistor quand $V_{GS} = V_{GS_{off}}$.

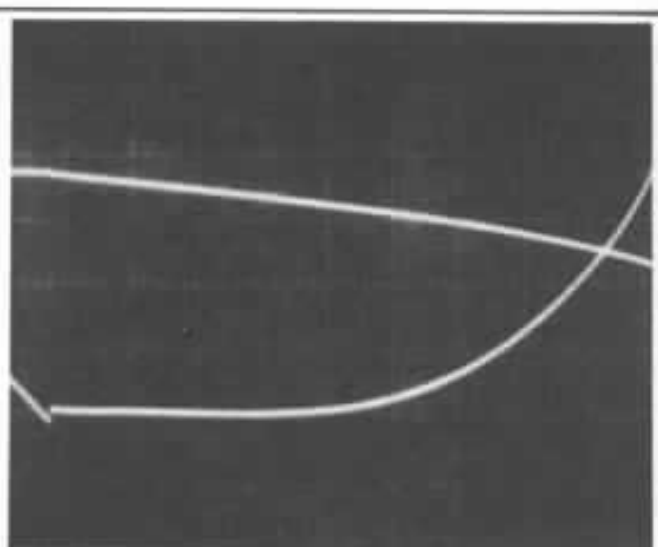


Fig. 32b : $V_{DS} = 0,27$ V.

Fig. 32 : Effets de V_{DS} .

quants de semi-conducteurs préfèrent se reconvertir dans des secteurs plus porteurs et abandonnent la fabrication de pans entiers de leur catalogue. Pour les transistors les plus courants, il reste possible de trouver des transistors de même référence (très souvent de conception différente, même si les caractéristiques sont assez voisines) chez un autre fabricant. Par contre pour les transistors un peu marginaux (JFET canal P ou MOSFET),

l'approvisionnement est un réel problème. Aux USA, des petites entreprises vivent de l'exploitation de stocks ou de la fabrication en petite quantité de références disparues (pour tous les types de transistors ou de circuits intégrés) et qui sont nécessaires à la maintenance d'équipements encore opérationnels. Il va sans dire que les prix de ces composants sont multipliés par plusieurs dizaines par rapport aux prix originaux.

•JFET canal N

C'est avec ce type de transistors que nous avons commencé les mesures avec notre testeur de quadraticité. C'est le type de transistor à effet de champ le plus courant, et il en existe de nombreuses références.

Nous nous sommes fait la main avec un 2N 4393 (transistor de commutation très classique et fabriqué par de nombreuses firmes), et nous avons dans un

premier temps défini le procédé de mesure : si on cherche à obtenir un courant supérieur au courant de saturation (voir fig. n° 31), la jonction du transistor se met en conduction, car elle se polarise en direct pour fournir le courant que notre montage tente de lui imposer. Le courant qui correspond à ce point dépend un peu de la tension V_{DS} . Nous avons également constaté que cette tension avait peu d'influence sur la courbe du transistor si elle était supérieure à une certaine valeur, mais à partir de cette valeur, la réduction de V_{DS} se traduit par une déformation de la courbe qui commence par les valeurs de courant les plus élevées (voir fig. n° 32). La procédure que nous avons adoptée pour le relevé des caractéristiques des transistors testés est donc la suivante :

La tension V_{DS} est réglée sur la valeur maximale pour laquelle notre montage est prévu (5 V), puis l'amplitude de l'excursion de I_D est augmentée jusqu'à la valeur qui correspond au changement de fonctionnement du transistor ou aux limites de notre appareil (20 mA). Ensuite V_{DS} est réduite jusqu'à la valeur qui correspond au passage du fonctionnement en penthode au fonctionnement en triode. Les

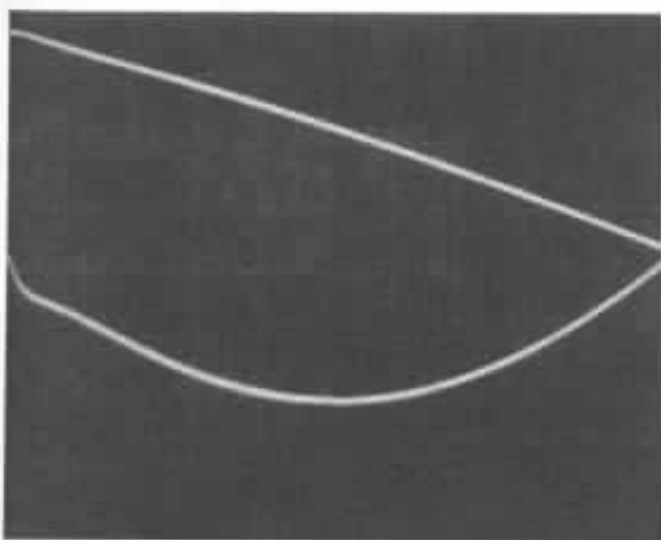


Fig. 34a : Courbe du 2N 4392 ($I_{max} = 20 \text{ mA}$, $V_{DS} = 1,9 \text{ V}$). En haut, $-V_{GS}$ (0,5 V/div.), en bas, écart par rapport à la loi parabolique (50 mV/div.).

Fig. 34 : Transistors voisins du 2N 4393.

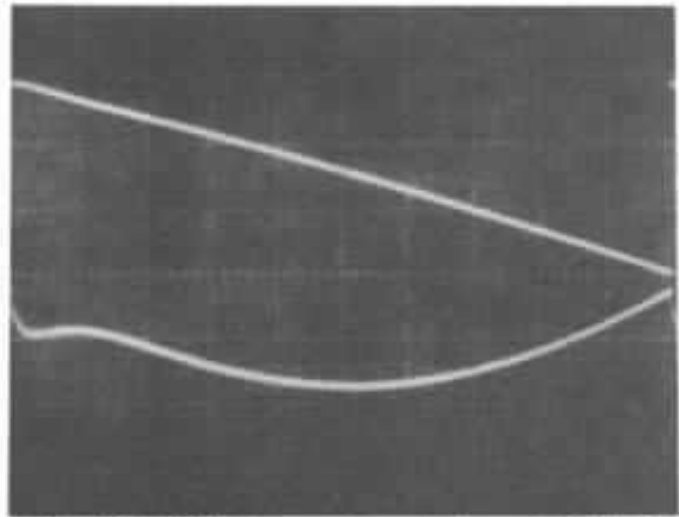


Fig. 33 : Courbe du 2N 4393 ($I_{max} = 20 \text{ mA}$, $V_{DS} = 2,7 \text{ V}$). En haut, $-V_{GS}$ (0,5 V/div.), en bas, écart par rapport à la loi parabolique (50 mV/div.).

valeurs de I_{Dmax} et de V_{DSmin} trouvées accompagnent donc nos relevés de mesure.

Pour le 2N 4393 (de Siliconix) essayé, nous avons trouvé une courbe assez conforme à la loi parabolique (cf. fig. n° 33). Nous avons testé aussi plusieurs autres transistors de cette référence, aussi bien du même fournisseur que de plusieurs autres sources ; nous avons retrouvé des caractéristiques de quadraticité voisines, mais le comportement dans la zone de fonctionnement en triode varie de façon significative entre les différentes origines des transistors (cela doit probablement être dû aux différentes géométries de

gravure retenues par les différents constructeurs pour obtenir les caractéristiques qui définissent le 2N 4393).

Les transistors de ce type sont obtenus par tri après encapsulement de puces réalisées avec une même géométrie, c'est pourquoi nous nous sommes interrogés sur la quadraticité des types voisins, issus du même type de gravure : le 2N 4393 a un courant de saturation de 3 « 30 mA, le 2N 4392 un courant de saturation de 25 à 75 mA et le 2N 4391 un courant de saturation de 50 à 150 mA. La figure n° 34 montre que dans la zone où nous avons fait nos mesures, la quadraticité se dégrade avec l'augmentation du

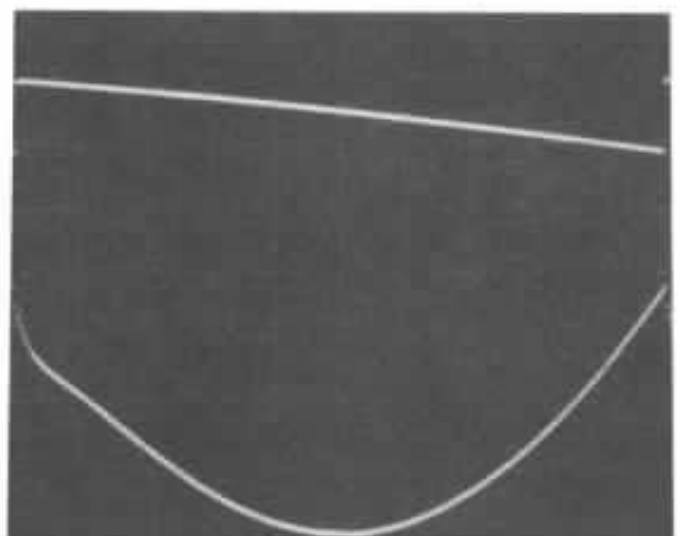


Fig. 34b : Courbe du 2N 4391 ($I_{max} = 20 \text{ mA}$, $V_{DS} = 3,8 \text{ V}$). En haut, $-V_{GS}$ (2 V/div.), en bas, écart par rapport à la loi parabolique (50 mV/div.).

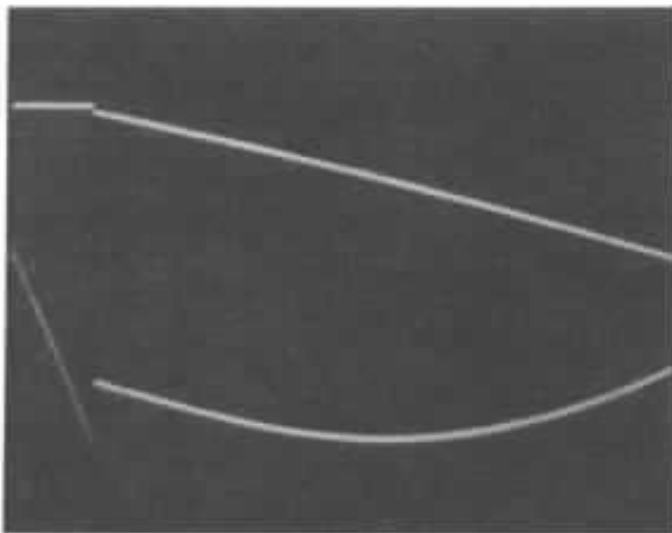


Fig. 35 : Courbe du 2N 4340 ($I_{max} = 7,5 \text{ mA}$, $V_{DS} = 2 \text{ V}$). En haut, $-V_{GS}$ (0,5 V/div.), en bas, écart par rapport à la loi parabolique (50 mV/div.).

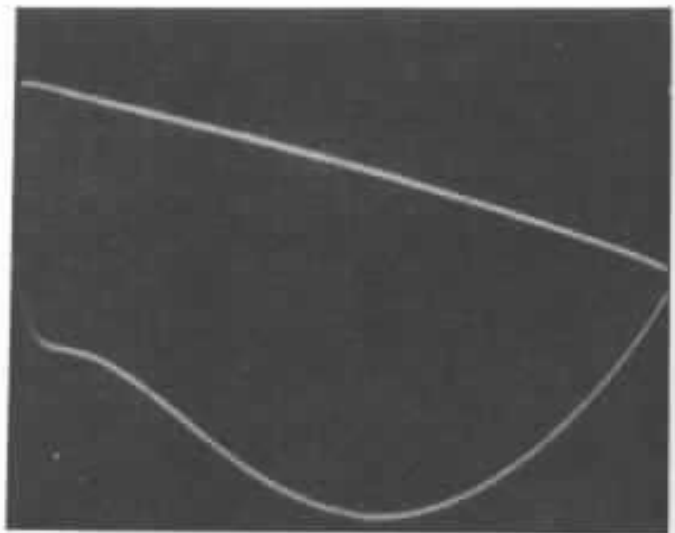


Fig. 36 : Courbe du 2N 4416 ($I_{max} = 11 \text{ mA}$, $V_{DS} = 2,8 \text{ V}$). En haut, $-V_{GS}$ (1 V/div.), en bas, écart par rapport à la loi parabolique (50 mV/div.).

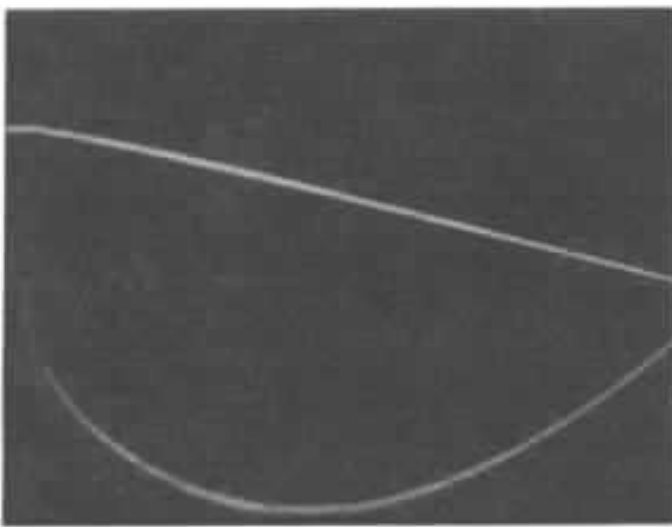


Fig. 37 : Courbe du 2SK 30 AGR ($I_{max} = 4,5 \text{ mA}$, $V_{DS} = 3,3 \text{ V}$). En haut, $-V_{GS}$ (1 V/div.), en bas, écart par rapport à la loi parabolique (50 mV/div.).

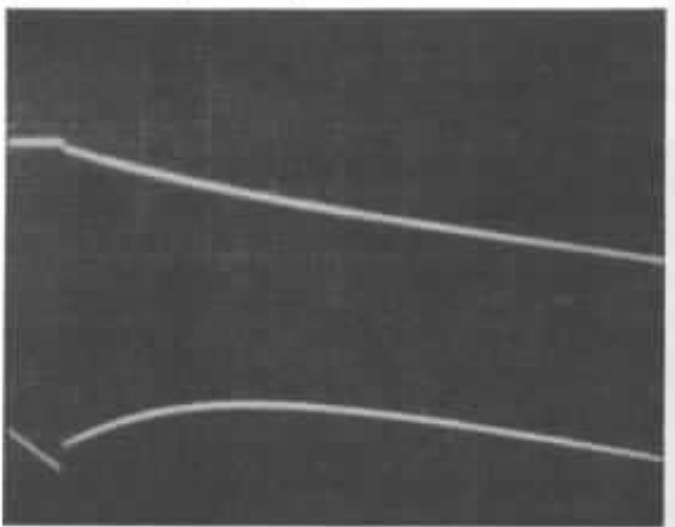


Fig. 38 : Courbe du 2SK 70 ($I_{max} = 2,5 \text{ mA}$, $V_{DS} = 0,5 \text{ V}$). En haut, $-V_{GS}$ (0,2 V/div.), en bas, écart par rapport à la loi parabolique (50 mV/div.).

courant de saturation pour cette géométrie.

Ces résultats nous ont conduits à tester deux transistors faible courant pour vérifier leurs comportements : le 2N 4340, un transistor faible fuite utilisé en commutation avec un courant de saturation de 1,2 à 3,6 mA. La figure n° 35 montre que son comportement est assez quadratique. Ainsi que le 2N 4416, un transistor HF avec un courant de saturation de 5 à 15 mA. Ici aussi la quadraticité est à peu près respectée (voir figure n° 36).

Nous avons également testé les transistors japonais utilisés dans les schémas de l'Audiophile : le 2SK 30 AGR (fig. n° 37) dont

nous avons déjà beaucoup parlé lors de nos expériences de distorsion thermique et le 2SK 70 (fig. n° 38). Les résultats sont assez bons.

• JFET canal P

Ces transistors se raréfient, par exemple Siliconix qui diffusait autrefois quatre types de géométrie en canal P, n'en a plus qu'une seule à son catalogue. Nos essais ont eu lieu sur une série de Motorola : 2N 5460 (courant de saturation de 1 à 5 mA), 2N 5461 (courant de saturation de 2 à 9 mA) et 2N 5462 (courant de saturation de 4 à 16 mA). ces transistors sont eux aussi sélectionnés par tri à partir de la diffusion des mêmes

puces et nos résultats (voir fig. n° 39) sont l'inverse de ce qui avait été constaté avec les transistors canal N : la quadraticité croît avec le courant de saturation.

Autre transistor testé, le 2SJ 74 utilisé dans les schémas de l'Audiophile, donne les résultats de la figure n° 40).

• MOSFET

Pour les MOSFET, nous nous sommes de nouveau trouvés confrontés au problème de la disparition des produits. En canal N nous avons toutefois pu tester le SD 210 (fig. n° 41) qui est assez peu quadratique, le 2N 4351 (fig. n° 42) qui est plus quadratique et qui présente une zone de fonc-

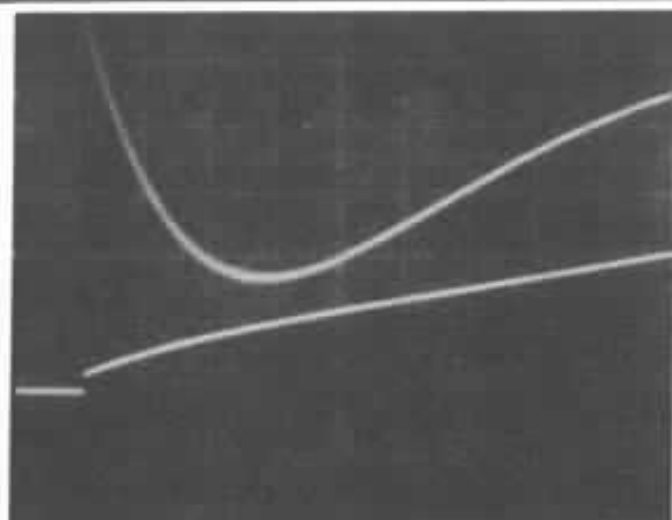


Fig. 39a : Courbe du 2N 5460 ($I_{max} = 1,75 \text{ mA}$, $V_{DS} = -2,3 \text{ V}$). En bas, $-V_{GS}$ (1 V/div.), en haut, écart par rapport à la loi parabolique (50 mV/div.).

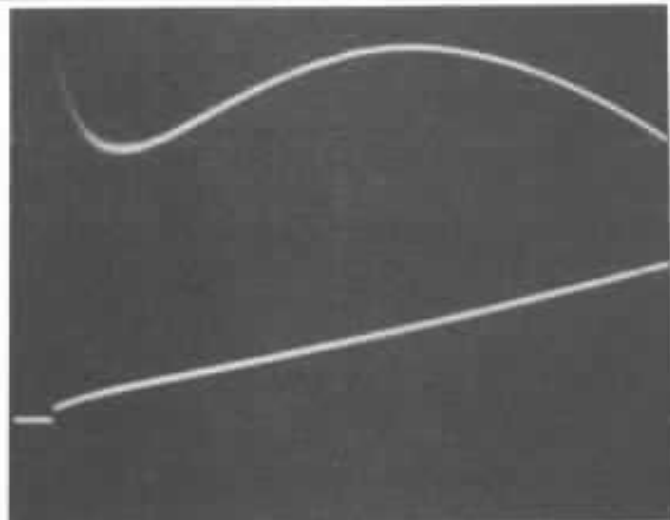


Fig. 39b : Courbe du 2N 5461 ($I_{max} = 4 \text{ mA}$, $V_{DS} = -3,8 \text{ V}$). En bas, $-V_{GS}$ (1 V/div.), en haut, écart par rapport à la loi parabolique (50 mV/div.).

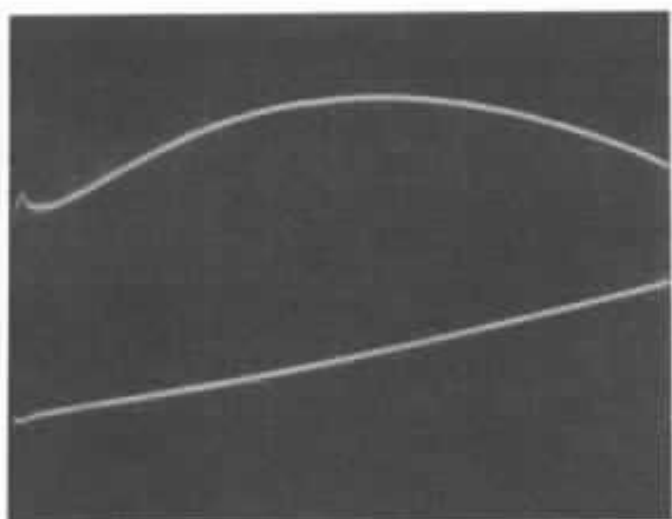


Fig. 39c : Courbe du 2N 5462 ($I_{max} = 7,5 \text{ mA}$, $V_{DS} = -3,6 \text{ V}$). En bas $-V_{GS}$ (2 V/div.), en haut écart par rapport à la loi parabolique (0,2 V/div.).

Fig. 39 : Famille 2N 5460, 5465.

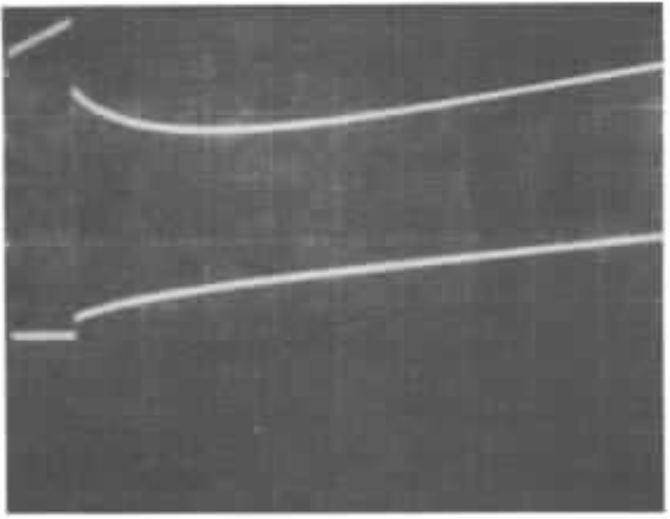


Fig. 40 : Courbe du 2SJ 74 ($I_{max} = 2 \text{ mA}$, $V_{DS} = -0,4 \text{ V}$). En bas, $-V_{GS}$ (0,2 V/div.), en haut, écart par rapport à la loi parabolique (50 mV/div.).

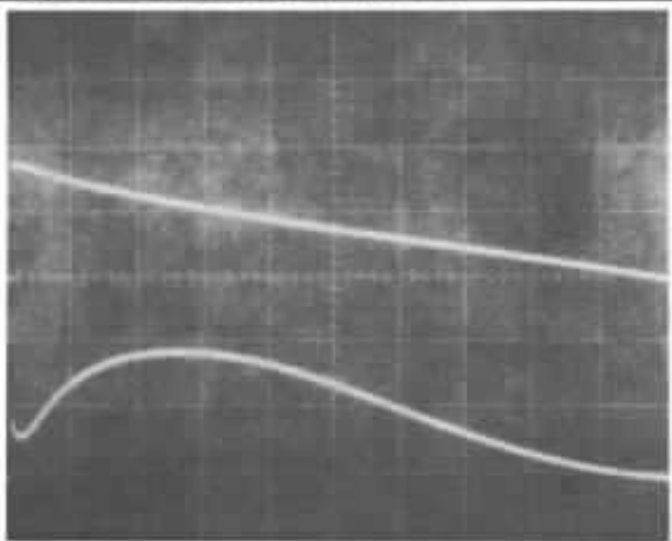


Fig. 41 : Courbe du SD 210 ($I_{max} = 20 \text{ mA}$, $V_{DS} = 2,9 \text{ V}$). En haut, $-V_{GS}$ (2 V/div.), en bas, écart par rapport à la loi parabolique (0,2 V/div.).

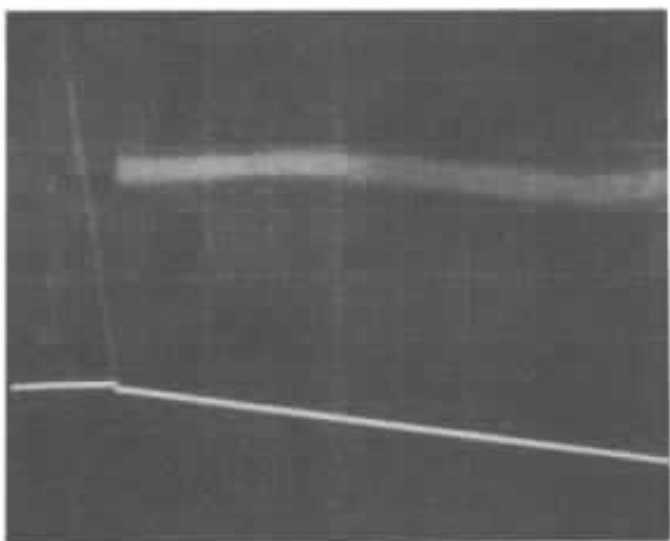


Fig. 42 : Courbe du 2N 4351 ($I_{max} = 0,8 \text{ mA}$, $V_{DS} = 0,3 \text{ V}$). En bas, $-V_{GS}$ (1 V/div.), en haut, écart par rapport à la loi parabolique (20 mV/div.).

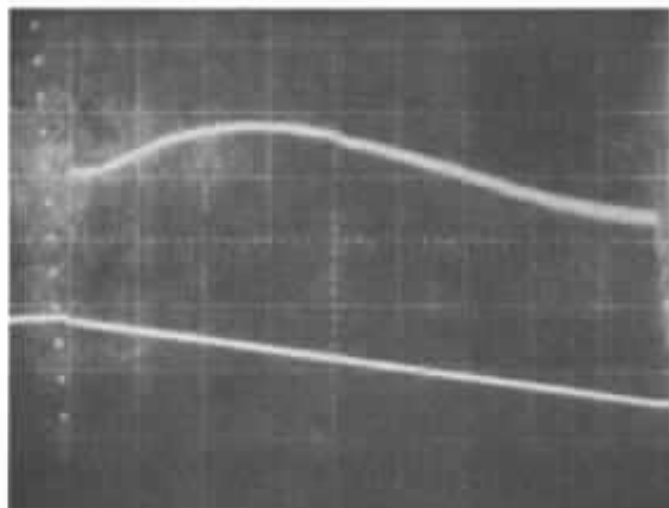


Fig. 43 : Courbe du 3N 171 ($I_{max} = 2,5 \text{ mA}$, $V_{DS} = 1,5 \text{ V}$). En bas, $-V_{GS}$ (2 V/div.), en haut, écart par rapport à la loi parabolique (20 mV/div.).

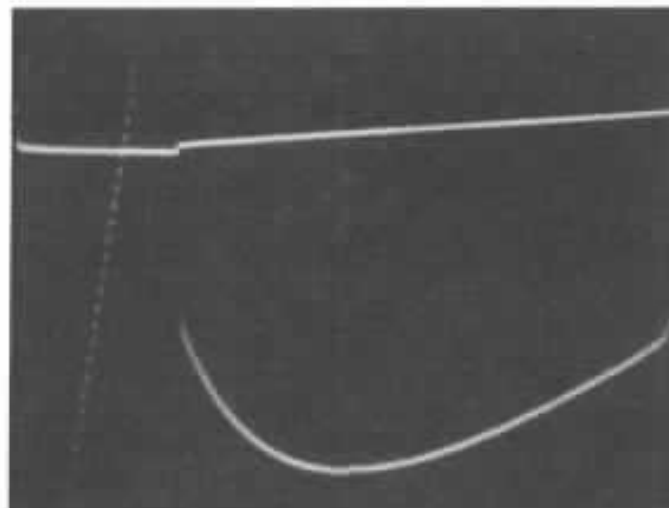


Fig. 44 : Courbe du 2N 4352 ($I_{max} = 0,3 \text{ mA}$, $V_{DS} = -3,1 \text{ V}$). En haut, $-V_{GS}$ (2 V/div.), en bas, écart par rapport à la loi parabolique (20 mV/div.).

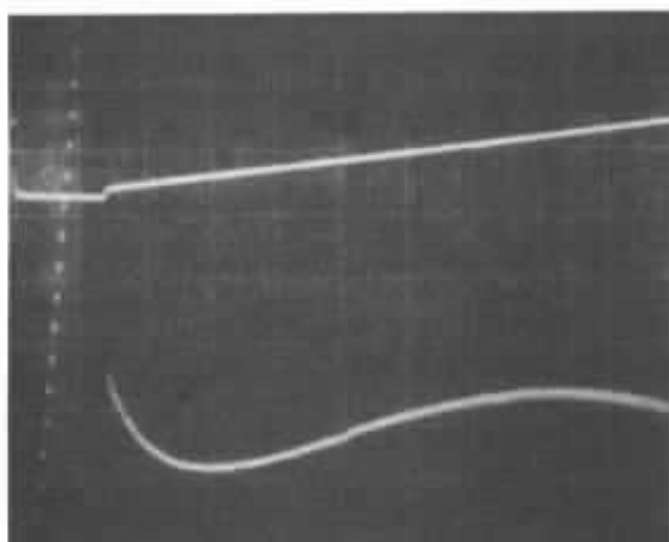


Fig. 45 : Courbe du 3N 157A ($I_{max} = 1 \text{ mA}$, $V_{DS} = -3,4 \text{ V}$). En haut, $-V_{GS}$ (2 V/div.), en bas, écart par rapport à la loi parabolique (20 mV/div.).

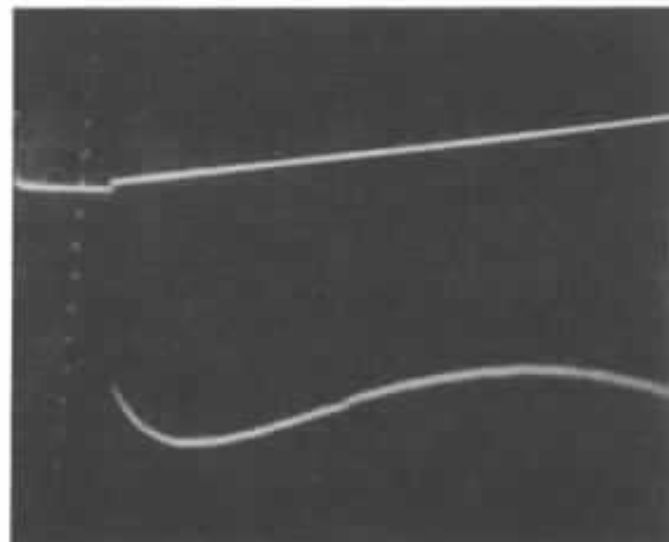


Fig. 46 : Courbe du 3N 163 ($I_{max} = 1 \text{ mA}$, $V_{DS} = -4,7 \text{ V}$). En haut, $-V_{GS}$ (2 V/div.), en bas, écart par rapport à la loi parabolique (20 mV/div.).

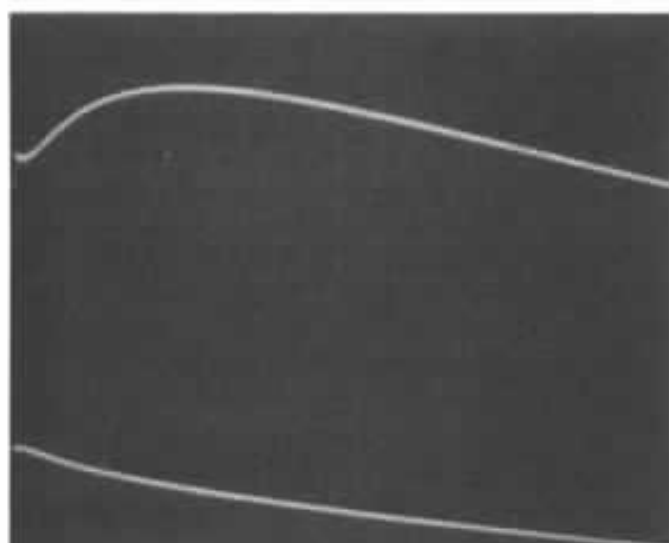


Fig. 47 : Courbe du VN 13 ($I_{max} = 20 \text{ mA}$, $V_{DS} = 0,5 \text{ V}$). En bas, $-V_{GS}$ (0,5 V/div.), en haut, écart par rapport à la loi parabolique (0,1 V/div.).

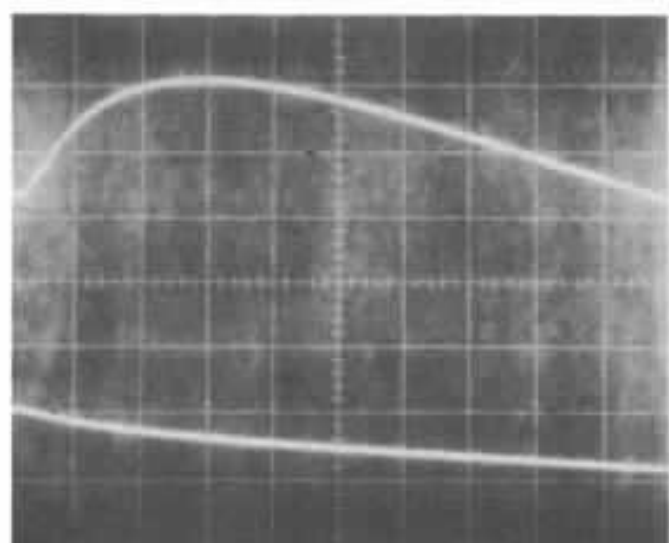


Fig. 48 : Courbe du BSS 170 ($I_{max} = 20 \text{ mA}$, $V_{DS} = 4,9 \text{ V}$). En bas, $-V_{GS}$ (1 V/div.), en haut, écart par rapport à la loi parabolique (0,1 V/div.).

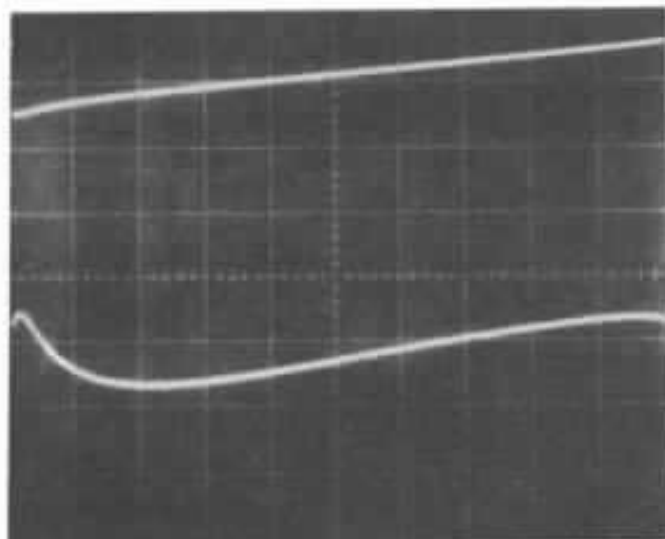


Fig 49 : Courbe du VP 13 ($I_{max} = 20 \text{ mA}$, $V_{DS} = -2 \text{ V}$). En haut, $-V_{GS}$ (1 V/div.), en bas, écart par rapport à la loi parabolique (0,1 mV/div.).

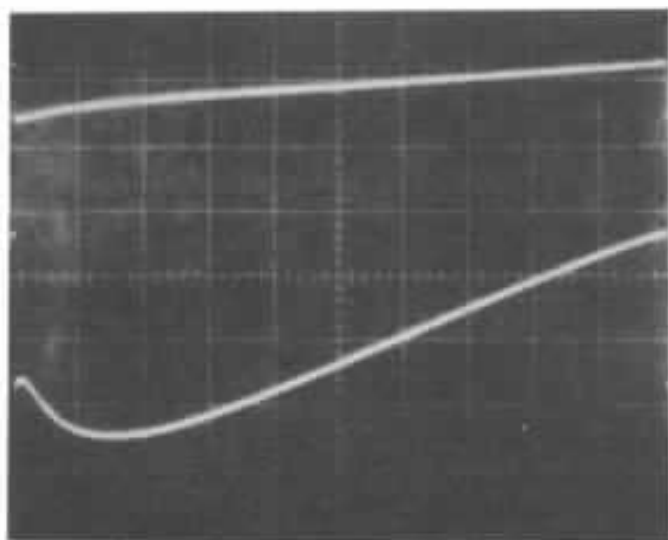


Fig. 50 : Courbe du BSS 250 ($I_{max} = 20 \text{ mA}$, $V_{DS} = -1,3 \text{ V}$). En haut, $-V_{GS}$ (1 V/div.), en bas, écart par rapport à la loi parabolique (0,1 V/div.).

tionnement triode très réduite et le 3N 171 (fig. n° 43) qui est très quadratique.

En canal P, nous avons pu tester le 2N 4352 (fig. n° 44) qui est un complémentaire du 2N 4351 (mais avec une zone de fonctionnement en triode plus importante) et qui est assez quadratique, le 3N 157 A (fig. n° 45) et le 3N 163 (fig. n° 45) qui sont tous deux très quadratiques.

• VMOS

Au contraire des transistors MOS en voie d'extinction que nous venons de voir, il existe une famille de transistors MOS qui est en plein développement, ce sont les transistors MOS verticaux connus sous le nom de VMOS (les transistors MOS vus plus haut, sont des transistors MOS horizontaux), ils sont très connus pour les modèles de forte puissance, mais il en existe aussi en faible puissance et nous pouvons utiliser la partie quadratique de leurs caractéristiques. En canal N nous avons testé le VN 13 (fig n° 47) qui peut conduire 250 mA et le BSS 170 (fig n° 48) qui va jusqu'à 500 mA. En canal P nous avons testé leurs complémentaires : le VP 13 (fig. n° 49) et le BSS 250 (fig. n° 50). Les résultats de quadraticité sont moyens.

Essais de la classe A quadratique

Pour notre montage de sortie en classe A quadratique nous disposons de deux types de multiplicateurs de courant, l'un très linéaire grâce à l'action de la contre-réaction, l'autre plus rapide. Pour les transistors de commande nous disposons de transistors JFET et de transistors MOSFET. Nous avons donc pu réaliser quatre combinaisons de circuits en classe A quadratique. La figure n° 51 montre quelques exemples de fonctions de transfert obtenus ainsi.

Les résultats de mesure de distorsion de sortie obtenus font l'objet des figures n° 52 à 59. On y voit qu'il est possible d'obtenir avec la classe A quadratique des performances de linéarité satisfaisantes même quand les lois paraboliques ne sont pas tout à fait exactes.

Conclusion

Parvenus au terme de cette phase expérimentale de l'étude de l'étage de sortie, nous avons poussé un soupir de satisfaction ; en effet cette étude a représenté beaucoup de travail, la réalisation de plus d'une vingtaine de circuits avec des difficultés

qu'il n'est souvent pas possible de détailler dans les comptes-rendus faits dans ces colonnes. On comprend pourquoi ce genre d'étude qui n'a pour l'instant abouti qu'au principe (et nous pas à des schémas utilisables industriellement) d'un nouveau circuit, tente peu les grands industriels de la HIFI ; il est plus rentable d'investir dans une campagne publicitaire qui vente les mérites de la « classe Super extra plus A », que dans les brèves études qui ont abouti à un tel circuit. Pour nous l'investissement que représente cette étude, se traduit par une solide expérience acquise dans la conception et la mise au point des étages de sortie, qui sera très utile pour la réalisation des circuits définitifs.

Mais avant, il faudra valider subjectivement les résultats de linéarité de sortie que nous avons obtenus avec les montages testés. Pour ces expérimentations il nous faut un amplificateur complet, c'est pourquoi cette phase expérimentale subjective n'aura lieu que lorsque nous aurons réalisé les autres circuits. Ceux-ci auront été validés subjectivement avec un étage de sortie en classe A linéaire classique qui servira de référence dans nos expérimentations subjectives sur l'étage de sortie.

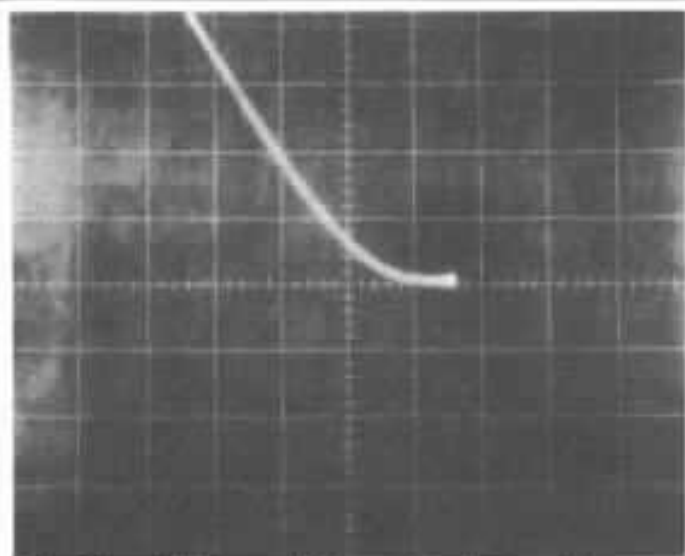


Fig. 51a : JFET canal N et multiplicateur de courant à amplificateur opérationnel (verticalement 1 A/div., horizontalement 0,5 V/div.).

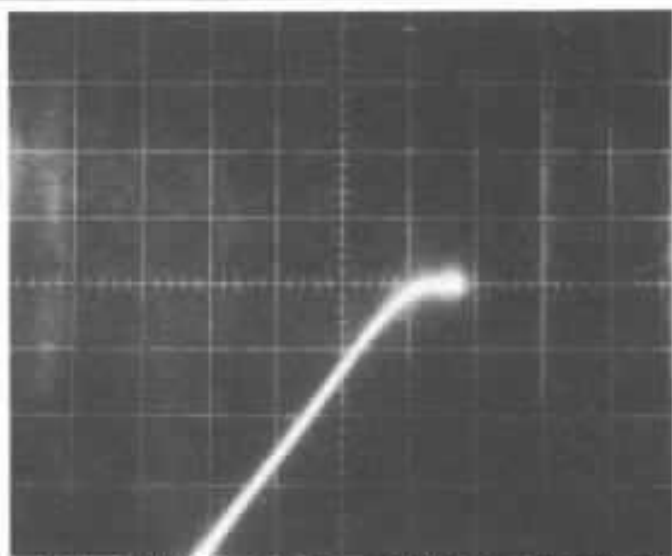


Fig. 51b : JFET canal P et multiplicateur de courant à amplificateur opérationnel (verticalement 1 A/div., horizontalement 1 V/div.).

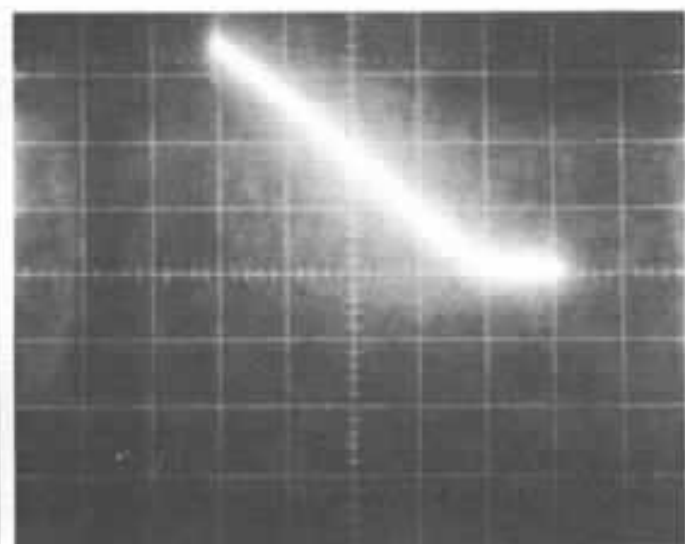


Fig. 51c : JFET canal N et multiplicateur de courant en éléments discrets (verticalement 1 A/div., horizontalement 0,5 V/div.).

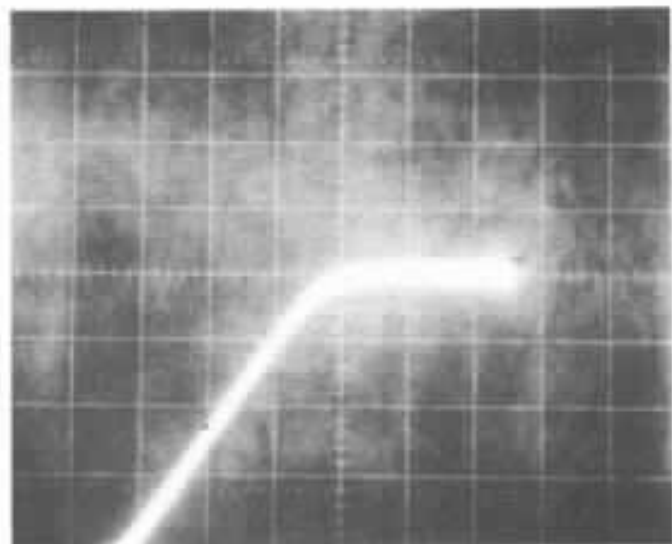


Fig. 51d : JFET canal P et multiplicateur de courant en éléments discrets (verticalement 1 A/div., horizontalement 1 V/div.).

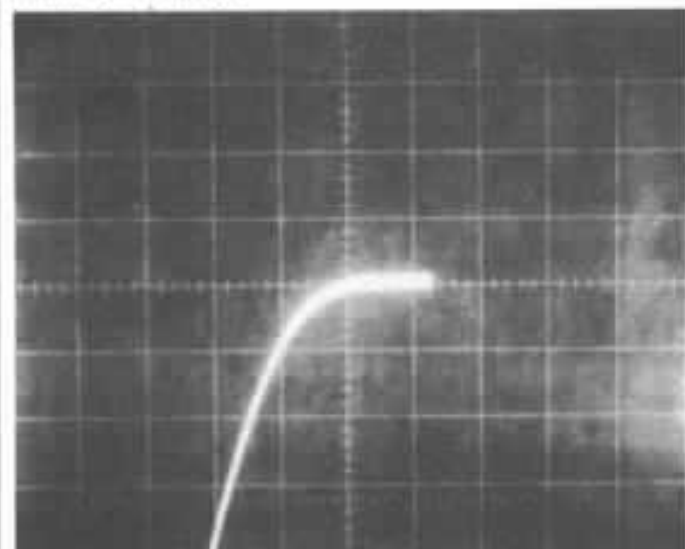


Fig. 51e : MOSFET canal N et multiplicateur de courant à amplificateur opérationnel (verticalement 1 A/div., horizontalement 0,3 V/div.).

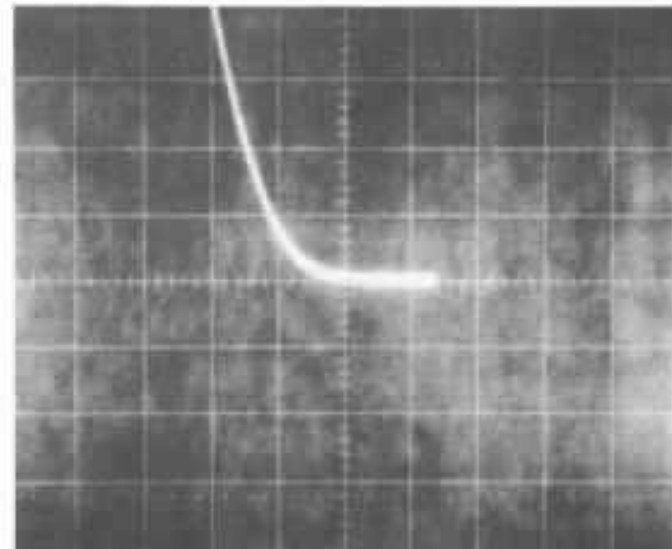


Fig. 51f : MOSFET canal P et multiplicateur de courant à amplificateur opérationnel (verticalement 1 A/div., horizontalement 0,3 V/div.).

Fig. 51 : Courbes de transfert de quelques circuits utilisés dans nos expériences.

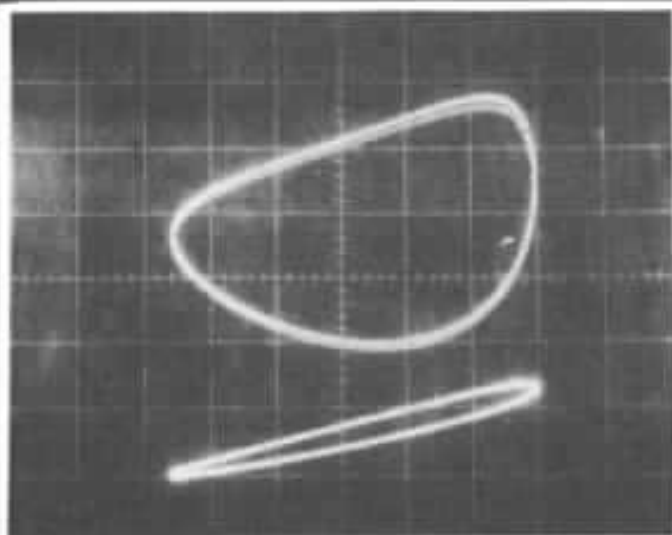


Fig. 52a : Test à 1 kHz (1 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (0,5 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (0,1 V/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (1 V/div.).

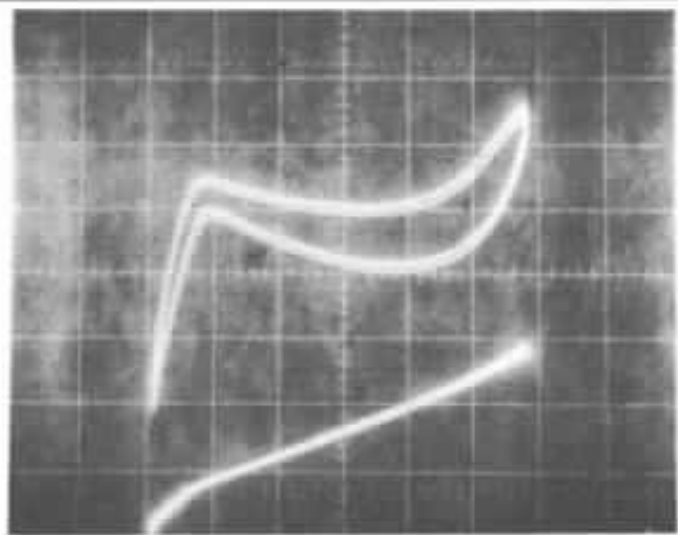


Fig. 52b : Test à 100 Hz (2 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (1 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (0,1 V/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (1 V/div.).

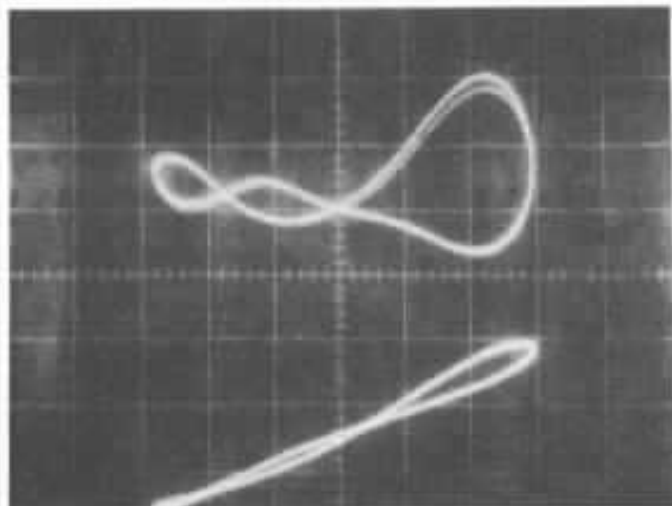


Fig. 52c : Test à 10 kHz (1 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (0,5 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (0,2 V/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (1 V/div.).

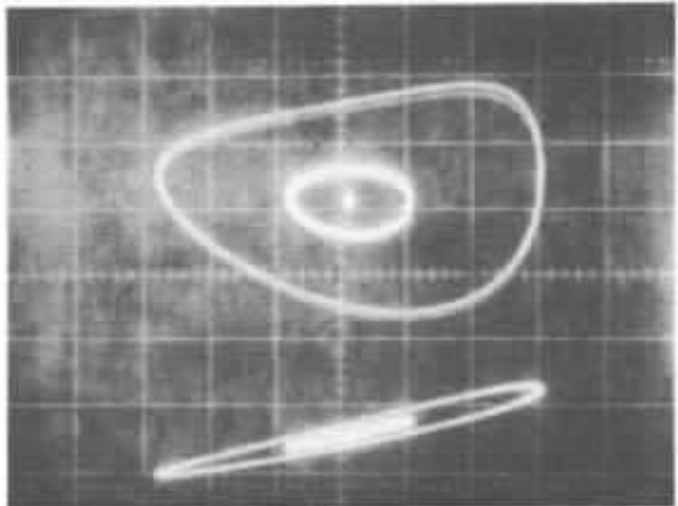


Fig. 52d : Test en transitoire à 1 kHz (1 A et 0,3 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (0,5 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (0,1 V/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (1 V/div.).

Fig. 52 : Aspect de la distorsion pour le montage à JFET et multiplicateur de courant à amplificateur opérationnel.

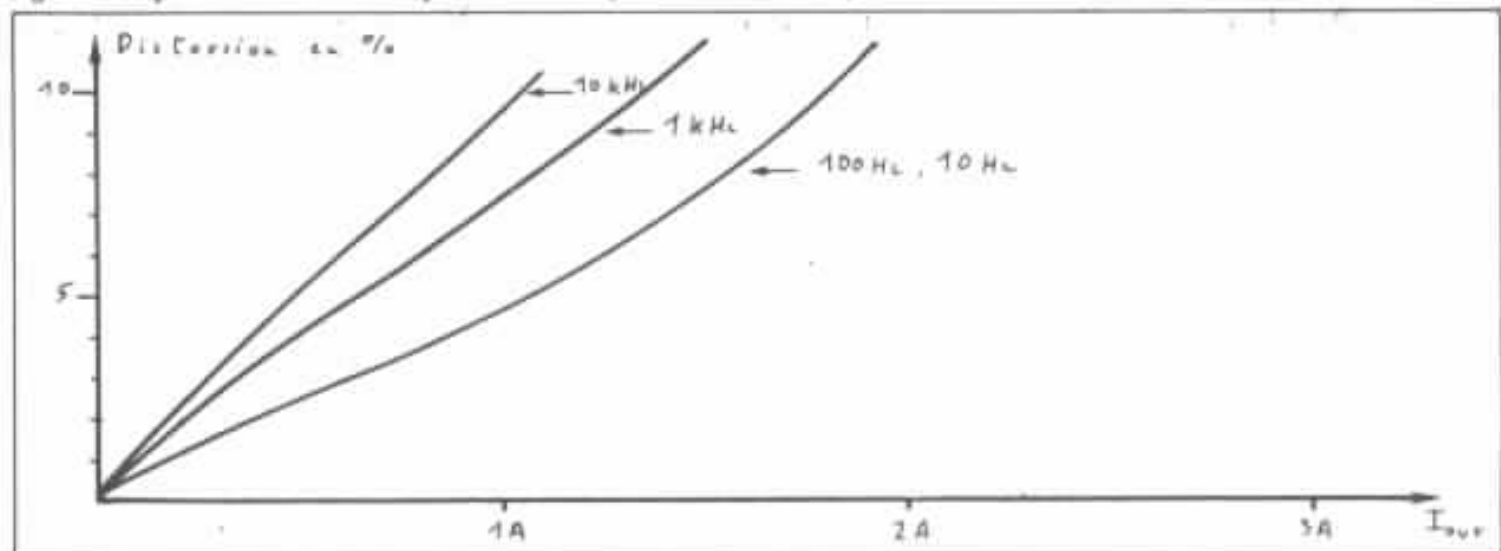


Fig. 53 : Courbes de distorsion pour le montage à JFET et multiplicateur de courant à amplificateur opérationnel. A cause des problèmes de commutation aggravés par la lenteur de l'amplificateur opérationnel, il a fallu choisir un courant de repos élevé (1,2 A). Z_{out} vaut 0,4 Ω .

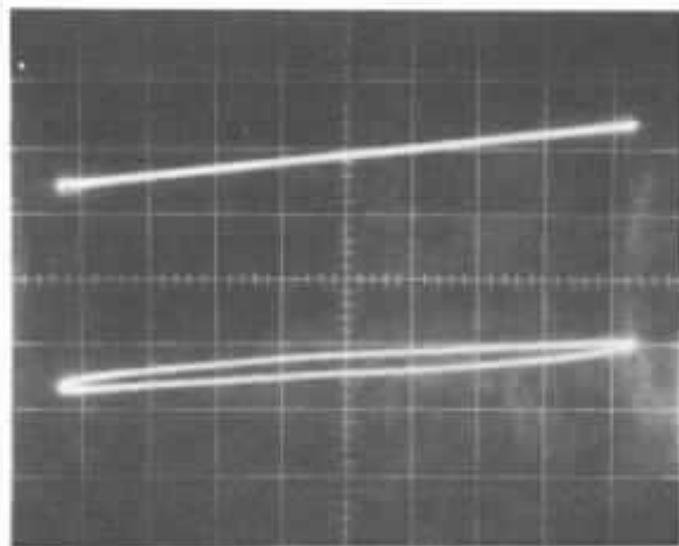


Fig. 54a : Test à 1 kHz (1,5A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (0,5 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (0,1 V/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (0,5 V/div.).

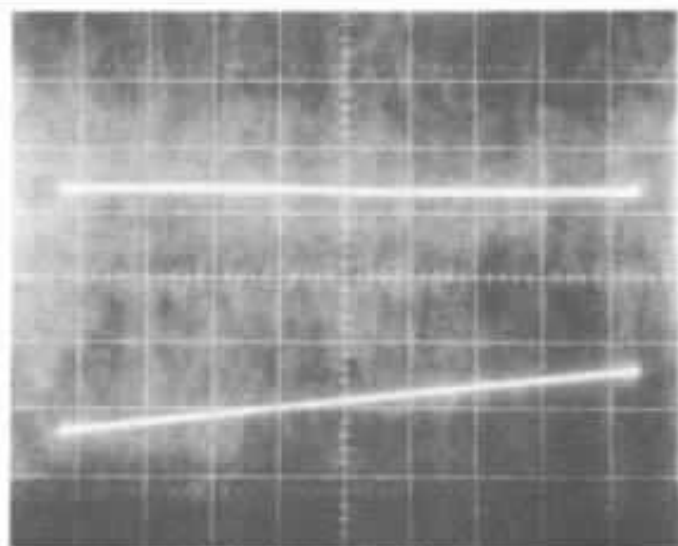


Fig. 54b : Test à 100 Hz (1,5A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (0,5 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (0,1 V/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (0,5 V/div.).

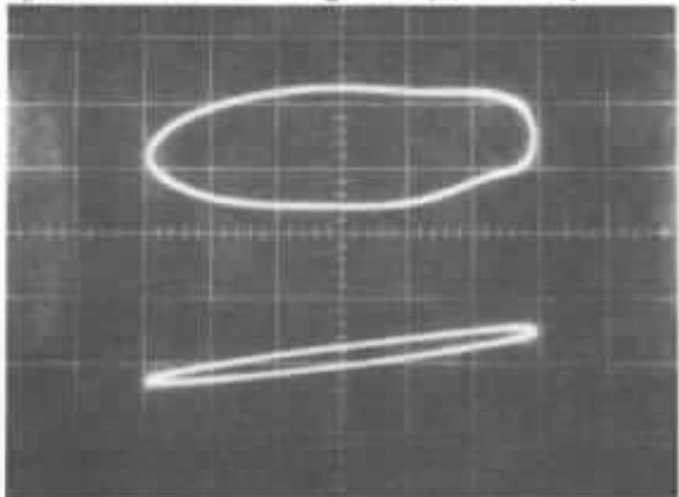


Fig. 54c : Test à 10 kHz (1 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (0,5 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (0,1 V/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (0,5 V/div.).

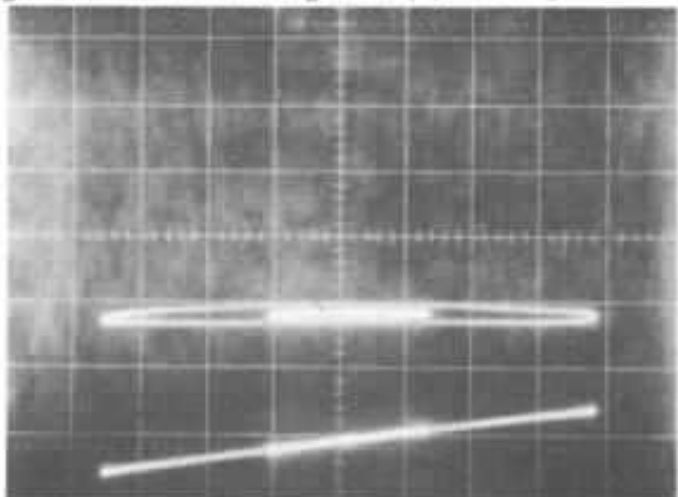


Fig. 54d : Test en transitoire à 1 kHz (1,5 A et 0,5 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (0,5 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (0,1 V/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (0,5 V/div.).

Fig. 54 : Aspect de la distorsion pour le montage à JFET et multiplicateur de courant en éléments discrets.

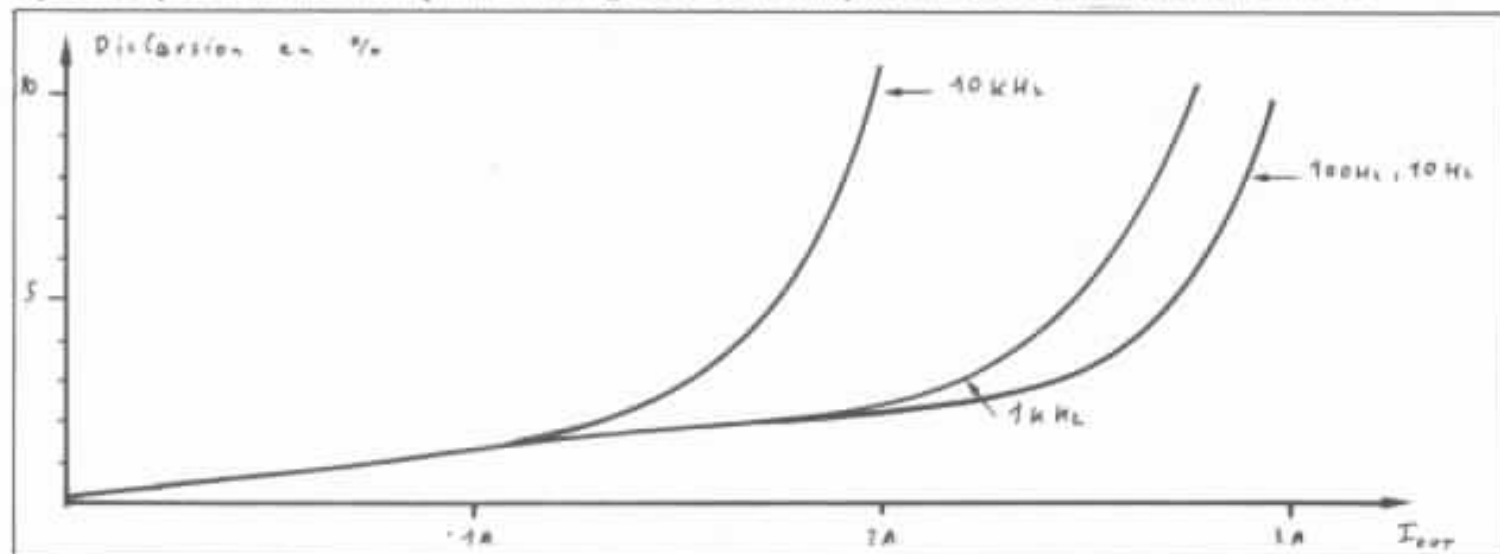


Fig. 55 : Courbes de distorsion pour le montage à JFET et multiplicateur de courant en éléments discrets. Grâce aux avantages de la classe A quadratique, nous avons obtenu des distorsions faibles pour un courant de repos de 300 mA. La distorsion croît avec la fréquence : il faut améliorer les comportements de ce montage aux fréquences élevées.

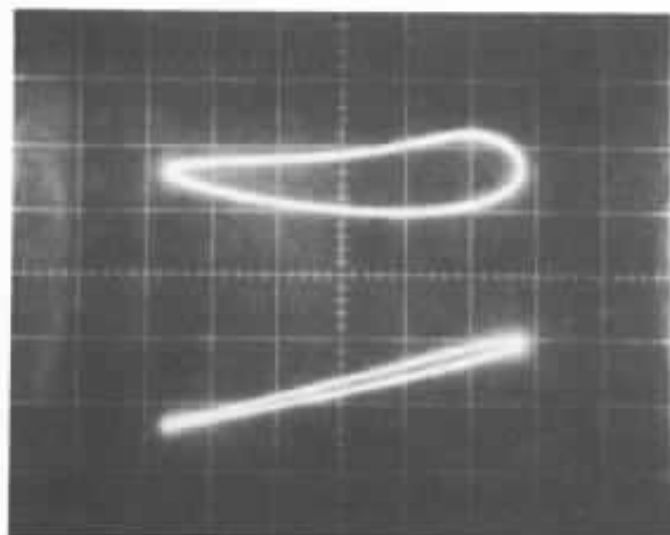


Fig. 56a : Test à 1 kHz (1 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (0,5 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (0,1 V/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (0,5 V/div.).

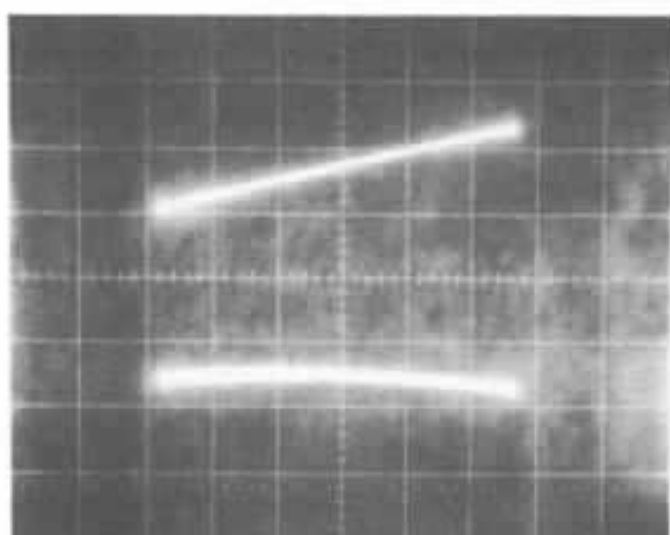


Fig. 56b : Test à 100 Hz (1 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (0,5 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (0,1 V/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (0,5 V/div.).



Fig. 56c : Test à 10 kHz (0,5 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (0,5 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (0,1 V/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (0,5 V/div.).

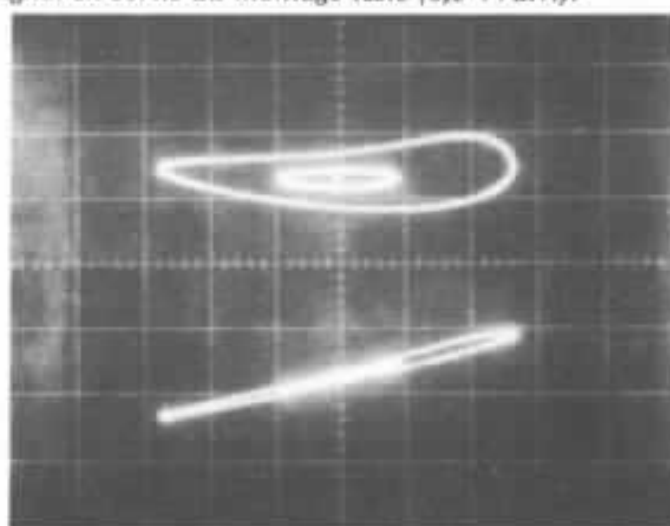


Fig. 56d ; Test en transitoire à 1 kHz (1 A et 0,3 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (0,5 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (0,1 V/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (0,5 V/div.).

Fig. 56 : Aspect de la distorsion pour le montage à MOSFET et multiplicateur de courant à amplificateur opérationnel.

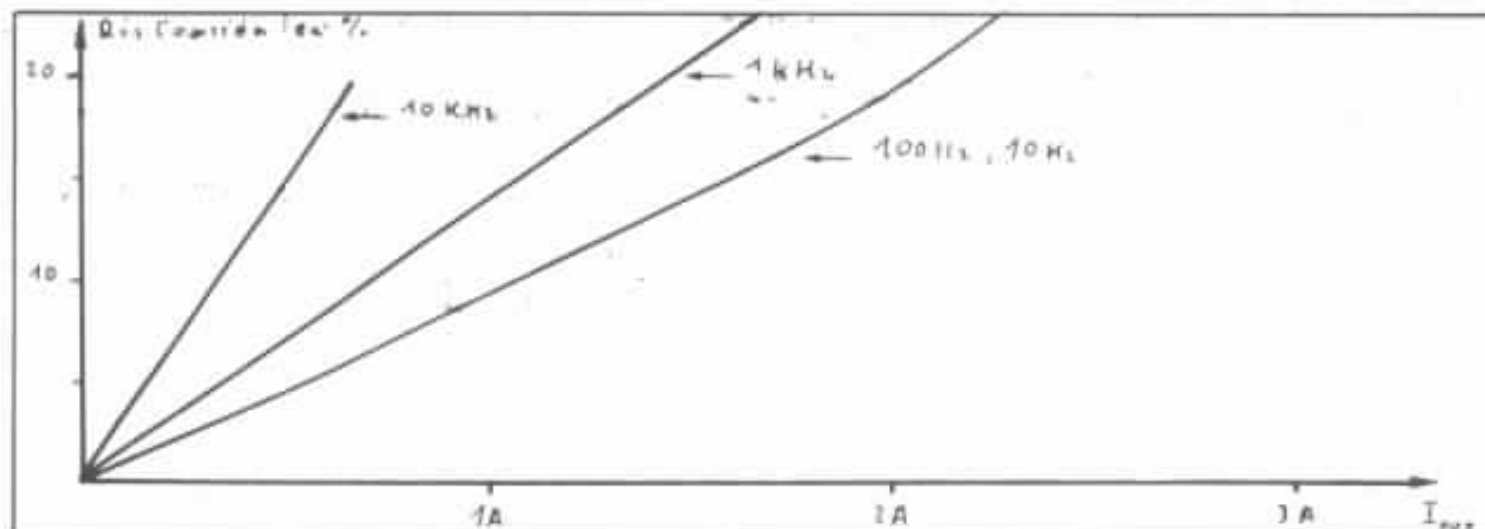


Fig. 57 : Courbes de distorsion pour le montage à MOSFET et multiplicateur de courant à amplificateur opérationnel. Ici aussi, il a fallu un courant de repos relativement important (1 A). Z_{out} vaut 0,22 Ω .

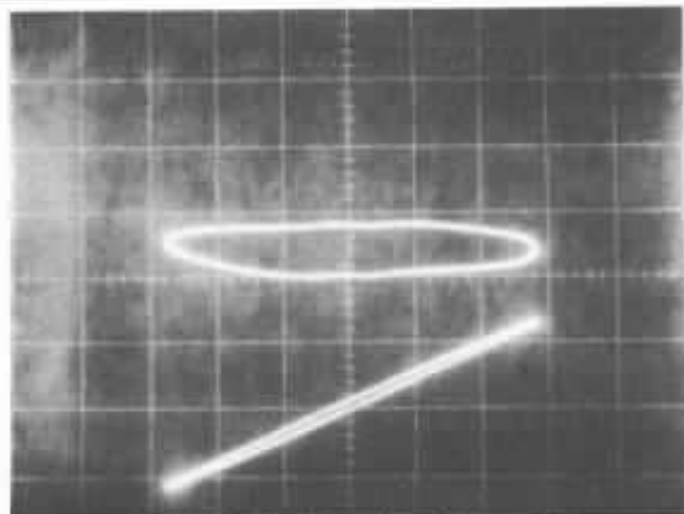


Fig 58a : Test à 1 kHz (2 A eff.). Horizontalement, courant des la charge (1 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (0,1 V/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (0,5 V/div.).

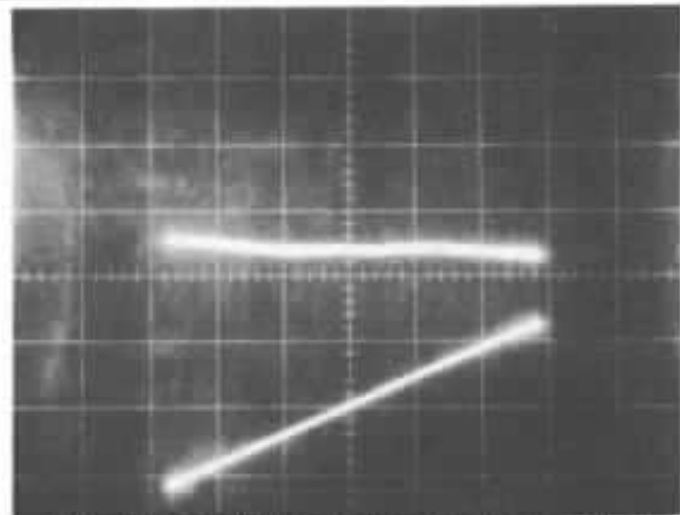


Fig 58b : Test à 100 Hz (2 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (1 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (0,1 V/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (0,5 V/div.).

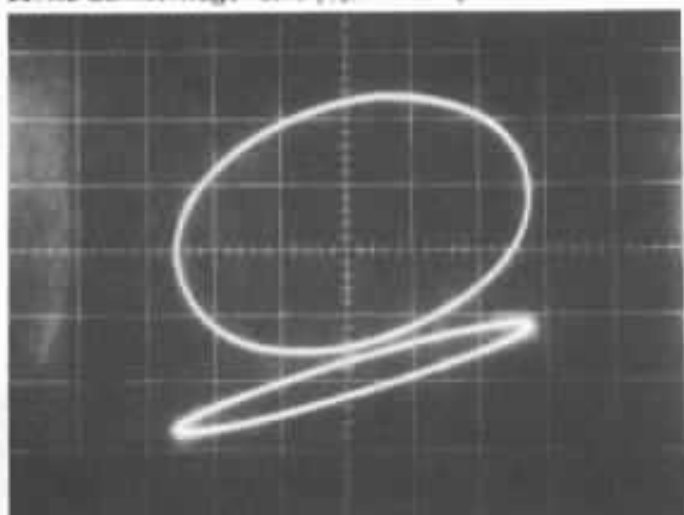


Fig 58c : Test à 10 kHz (1 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (0,5 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (0,1 V/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (0,5 V/div.).

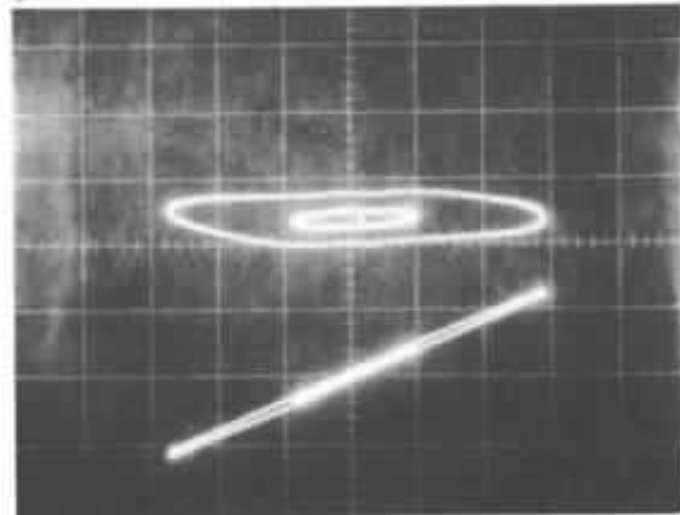


Fig 58d : Test en transitoire à 1 kHz (2 A et 0,6 A eff.). Horizontalement, courant dans la charge (1 A/div.). En haut, distorsion au distorsiomètre différentiel (0,1 V/div.), en bas, signal en sortie du montage testé (0,5 V/div.).

Fig. 58 : Aspect de la distorsion pour le montage à MOSFET et multiplicateur de courant en éléments discrets.

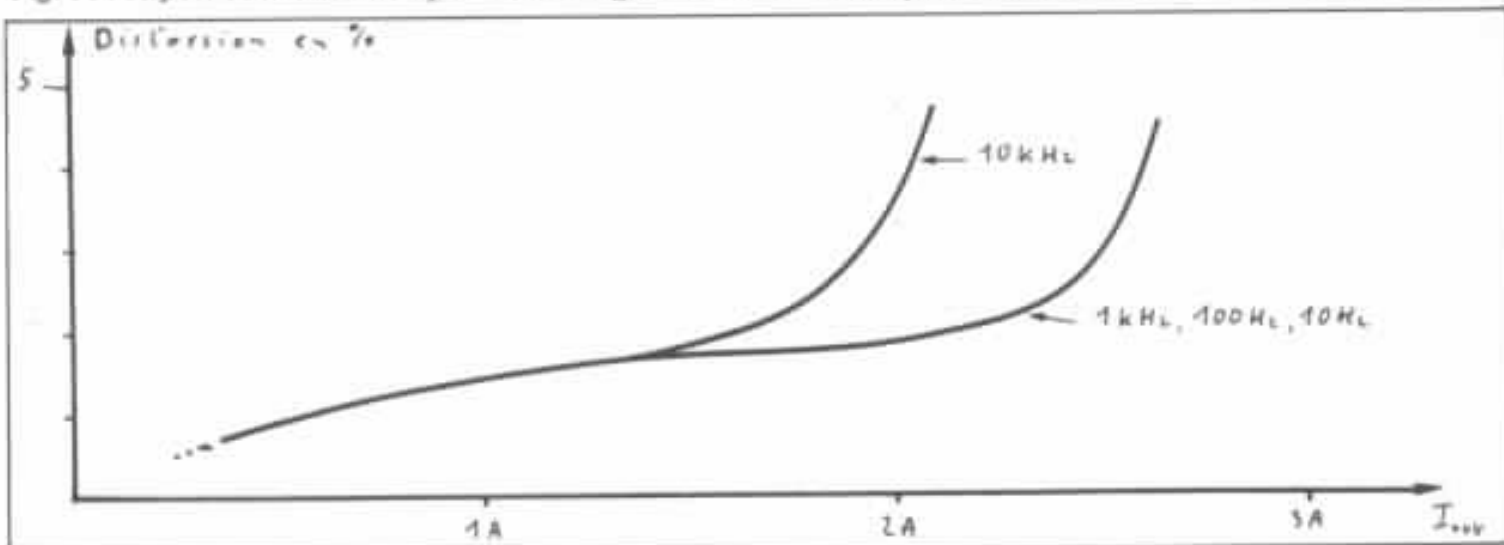


Fig. 59 : Courbes de distorsion pour le montage à MOSFET et multiplicateur de courant en éléments discrets. Les résultats sont impressionnants (pour $I_0 = 230$ mA) et encourageants, mais il faut encore améliorer le comportement aux fréquences élevées, et lors des commutations.

On en parle...

Prises Michell

De nombreux audiophiles, attentifs aux détails, ont remarqué lors du salon, en mars, la qualité des bornes utilisées sur la moteurs Onken. La majorité des haut-parleurs sont équipés de bornes nickelées à ressorts type guillotine qui, bien qu'assurant une tenue mécanique fiable, sont loin d'être satisfaisantes du point de vue contact électrique. De plus, elles n'admettent pas de câbles de fortes sections. Les bornes utilisées par M. Koizumi sont vissables à l'aide d'une robuste molette et usinées dans la masse. Ces caractéristiques, nous les avons retrouvé sur les prises Michell qui permettent l'emploi de câble jusqu'à 4 mm². Le pas de vis est large et assure un contact franc et durable. De plus, la finition est superbe. Ces prises peuvent être isolées ou non du châssis sur lequel elles sont montées (amplis, HP...). Des bagues

rouge et noir différencient la phase. A noter l'existence dans la gamme des prises mâles (type banane) permettant par le même artifice, donc sans soudure, l'interface entre un câble nu et une fiche banane femelle châssis.

Etes-vous de connivence ?

La mode hifiste vient de parachuter en force des petits cônes métalliques de toutes sortes que les audiophiles gloutons se sont empressés de glisser partout sous leurs platines, amplis, enceintes... magnétoscopes ! L'affaire n'est pas jeune et le principe connu : qui n'a jamais remarqué l'effet d'une pique de violoncelle dans un plancher d'estrade ? Cette « mise à la masse » mécanique évacue les vibrations d'une source dans un sens privilégié. L'efficacité du procédé n'est pas contestable. Le plus spectaculaire concerne les

enceintes montées sur trois cônes (pointes en bas) dont l'emplacement stratégique a une importance certaine. En fait, l'idéal serait d'avoir une seule voie d'évacuation des vibrations, donc un seul cône ! L'équilibre de l'ensemble devenant alors fort précaire, on peut mettre des matériaux mous (feutre, gomme, liège, peau de chamois) en deux autres points (avant ou arrière ?).

Les cônes commercialisés actuellement sont tournés dans la masse et rectifiés d'où un coût relativement élevé. De plus, le principe même implique une pointe appliquant une pression élevée sur le support (ex. : le meuble laqué de chine de Madame !...). Il en résulte deux possibilités : le support est plus mou et le cône s'enfonce ou il est plus dur et la pointe s'écrase ! En tout état de cause, le cône ne repose jamais sur le seul point théorique prévu au départ.

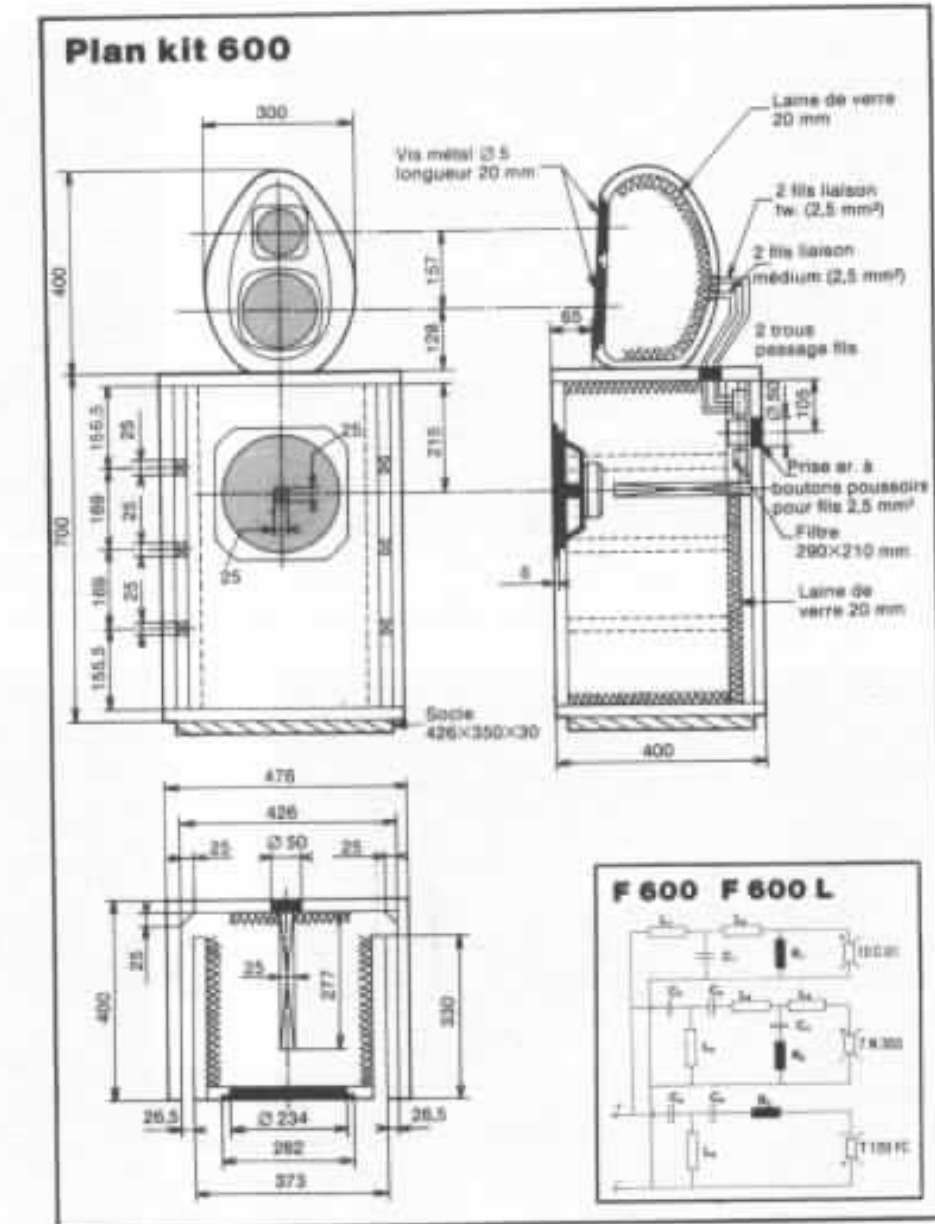
«Riches de tous ces enseignements», nous expérimentons à l'heure actuelle des cônes moulés de petites dimensions dont le profil ressemble à un... diamant de DL 103 !

Précisons aussi pour terminer que la base des cônes doit toujours être placée côté source de vibrations (enceinte, platine...). Il est évident que le contraire irait à l'encontre du but recherché. En ce qui concerne les appareils «neutres» sur le plan mécanique (sans moteur, ni transfos...), il nous semble préférable de les isoler des vibrations extérieures par des matériaux mous. L'utilisation, dans ce cas, de cônes pointe en haut nous paraît une aberration puisque par le principe même on ramènera «en force» les vibrations éventuelles du support dans un appareil qui était mécaniquement inerte... une histoire de fous !

Focal et JM Lab

Jacques Mahul qui préside aux destinées de Focal, pour la division haut-parleurs et de JM Lab, pour la division enceintes acoustiques, a fait preuve ces dix derniers mois d'un dynamisme hors du commun.

Au niveau haut-parleurs, outre la ligne Audiom avec ses trois 38 cm, son médium et son tweeter, de nombreux nouveaux kits ont été développés. Nous conseillons vivement d'ailleurs aux amateurs de se procurer la brochure leur étant consacrée. Elle est remarquablement bien faite. Les schémas pour le kit Audiom et le kit Audiom A que nous publions sont d'ailleurs extraits de cette notice. Le kit Audiom est conçu pour le modèle Audiom 15 chargé par le caisson ayant fait l'objet d'une description détaillée dans nos colonnes du n° 36, il est d'un volume de 160 l. Cette configuration a été retenue pour un filtrage passif. L'Audiom 15 A

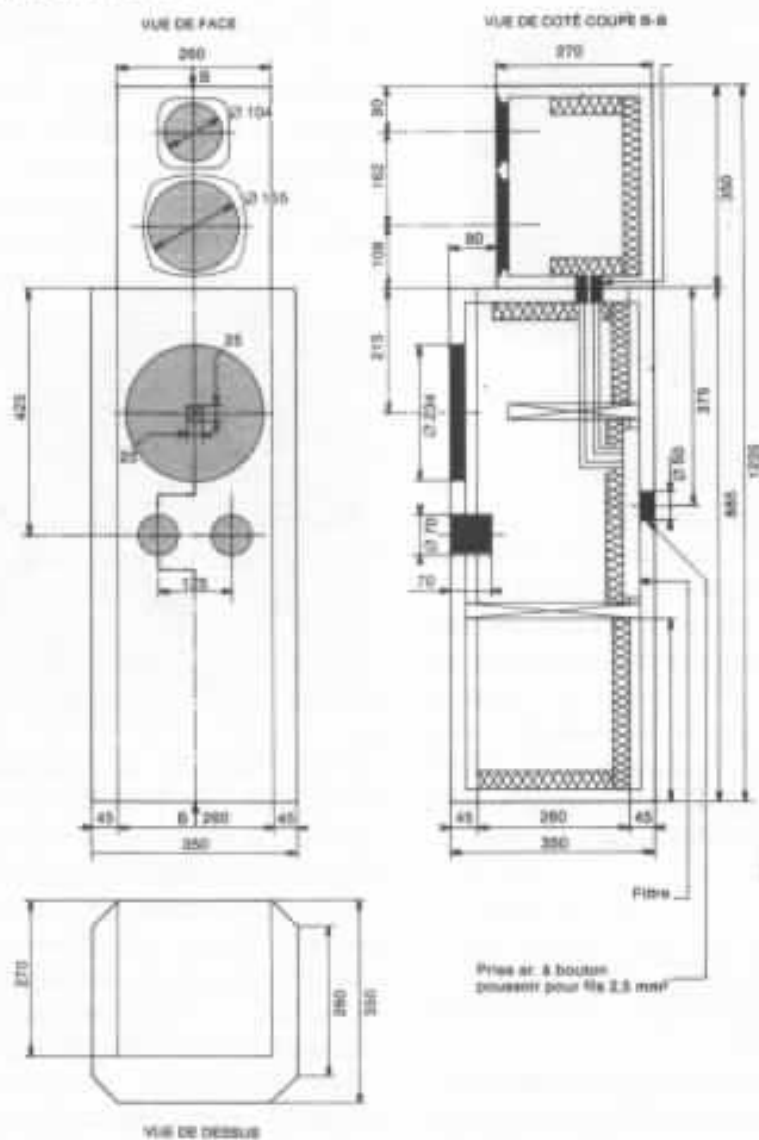


qui, rappelons-le, a des paramètres extrêmement proches de ceux de l'Altec 416 requiert un volume de charge plus conséquent. Dans le kit Audiom A, l'enceinte de grave d'un volume de 270 l, possède deux événements tubulaires. Ce kit implique un filtrage actif ayant pour fréquences de coupure 550 Hz et 5 000 Hz à 18 dB/octave. Le médium Audiom 8 peut être chargé soit dans un coffret en bois (solution simple et peu onéreuse) soit dans un cylindre en plâtre moulé que fabrique Focal. Le tweeter Audiom 4 se positionne sur le coffret de médium. Le filtre de la version Audiom ne pèse pas moins de 6,5 kg, il est fourni également en kit, à câbler par l'amateur sur une plaque de

bois ciré.

Côté enceintes acoustiques, JM Lab a désormais un nouveau haut de gamme, la 810 Ovation. De nombreuses innovations ont présidé à son développement. Cette enceinte a un rendement de 96,5 dB/W/m, ce qui est pour une enceinte à destination haute-fidélité une grande prouesse. Elle ne pèse pas moins de 67 kg dont 20 kg de haut-parleurs... Ceux-ci sont au nombre de 4. Le grave est un modèle 38 cm, référence 15N 700, ayant une fréquence de résonance très basse de 16 Hz. Ce haut-parleur est chargé par 175 l avec un alignement de Thiele voisin de 4. L'aimant est du même type que celui utilisé dans l'Audiom 15. La bobine de 75 mm de diamètre est en fil

Plan kit 600 L



ruban plat et ne possède qu'une seule couche de cuivre. Le support est en Kapton. Le poids de l'équipage mobile est de 120 g. Ce haut-parleur de grave pèse à lui seul plus de 13 kg ! Coupé à 180 Hz, il est relayé ensuite par un 175 mm, membrane Noeflex, jusqu'à 600 Hz. Ensuite, jusqu'à 3 500 Hz un autre 175 mm d'aspect similaire transcrit ce registre. Toutefois, la constitution interne de ces deux haut-parleurs diffère. Pour le bas-médium, la bobine a une longueur de 13 mm en fil de cuivre bobiné sur Kapton alors que pour le haut-médium la bobine est très courte, 7 mm. Elle est constituée d'un fil ruban plat d'aluminium sur Nomex. Les deux médiums sont équipés de la

même membrane et ont tous deux un moteur de 120 mm. Le tweeter est le réputé T 120 FC.

Le filtrage a fait l'objet d'études très poussées, les pentes retenues sont comprises entre 24 et 30 dB par octave. Les composants sont noyés dans trois blocs de résine (grave, bas-médium, médium-aigu), dont la disposition respective permet de s'affranchir de toute interférence entre les diverses cellules du filtre (mutuelle inductance entre les selfs en particulier).

Le coffret est de forme hexagonale qui, au plan mode de vibration, offre de sérieux avantages. Deux coffrets dissymétriques internes accueillent les trois haut-parleurs supérieurs. Les parois internes du coffret de

grave et de bas-médium sont recouvertes d'une épaisseur de goudron sablé sur laquelle est appliquée une couche d'aluminium, cela dans le but de limiter au maximum des résonances de parois.

Conçue dans un esprit résolument haut de gamme, l'Ovation est fabriquée selon des critères de la plus grande rigueur. Ainsi, chaque haut-parleur est mesuré individuellement. Tout modèle sortant des gabarits à $\pm 0,5$ dB est rejeté. Ensuite, les haut-parleurs de médium et d'aigu sont associés entre eux au vu de leur courbe de réponse respective. Les composants du filtre sont triés et les filtres, une fois câblés, mesurés individuellement sur une simulation des 4 haut-parleurs. Enfin, les enceintes terminées sont appairées.

Quad 606

Un nouvel ampli chez Quad est toujours un événement de taille puisque le célèbre constructeur anglais ne sort à peu près qu'un nouvel ampli tous les dix ans et encore... Mais à chaque fois on peut parler de véritable révolution dans le design des circuits, la fonctionnalité de l'implantation des composants, l'esthétique rationnelle et sobre.

Le 606 s'inscrit tout à fait dans la philosophie de Quad. Il s'agit d'une unité de puissance stéréophonique donnée pour 2×130 W, capable de driver n'importe quel type de charge avec une stabilité de fonctionnement inconditionnelle. Quand on prend en main cet amplificateur, on ne manque pas d'être surpris par son poids ainsi que par l'intelligence de conception du coffret. Celui-ci est réalisé à partir de deux coquilles en aluminium identiques faisant office de châssis et de couvercle mais surtout d'immenses radiateurs de dissipation thermique. Ces deux coquilles s'appliquent l'une



à l'autre par l'intermédiaire d'un large bandeau métallique ceinturant tout l'amplificateur et servant à l'arrière de support aux prises d'entrées de modulation, aux normes Cinch (une grande révolution chez Quad) et aux fiches bananes de sorties haut-parleurs. La configuration interne est d'une extraordinaire logique avec, au centre, l'énorme transformateur d'alimentation en double C avec deux enroulements secondaires indépendants pour les canaux droit et gauche et un total de 4 capacités de filtrage. Cette alimentation n'est pas régulée. De part et d'autre de ce transformateur blindé, sont disposés les deux circuits d'amplification regroupant tous les étages ainsi que les transistors de puissance. On a ainsi sur un même circuit imprimé, monté sur un cadre en aluminium qui vient prendre appui sur les demi-coquilles vues plus haut, tous les composants des circuits d'amplification. Ainsi, aucun fil de liaison n'est utilisé et les trajets sont les plus courts possibles pour transmettre la modulation.

La configuration du circuit fait appel à la fameuse correction aval déjà vue sur le 405 II et prenant comme référence les performances d'un petit ampli travaillant en pure classe A. Cette configuration a l'avantage de pouvoir obtenir des performances parfaitement répétitives d'un

modèle à l'autre et évite les problèmes d'ajustages des tensions lors d'un changement éventuel des transistors de puissance.

Cette unité de puissance 606 sera disponible à la rentrée au prix de 8 500 F environ. Nous ne pouvons que lui souhaiter le succès fantastique du 405. Dans tous les cas le 606 possède tous les éléments pour une écoute de qualité.

- Casque Sony MDR-E 282
- Haut-parleur Goodmans Axiom 80

Chez chaque grand industriel japonais de la haute-fidélité, les produits les plus performants ou les plus originaux ne sont pas forcément ceux que la firme concernée souhaite exporter le plus. En France, reconnaissons la réticence avec laquelle Sony a fini par importer, suite aux demandes et aux articles élogieux, le lecteur CD CDP 552 E accompagné de son convertisseur DAS 702. Parfois, le constructeur préfère conserver certains de ses modèles uniquement pour le marché local, ce qui est le cas du tweeter Technics 5HH10 importé en petites quantités et disponible à la Maison de l'Audiophile. Même scénario pour le haut-parleur Fostex FE 103, pour le haut-parleur Mitsubishi Diatone P 610 A, pour le bras de lecture 3012 Gold dont l'importation peut s'avérer inintéressante ou non conforme à la politique de

vente. La vocation de l'Audiophile est aussi celle de faire connaître aux lecteurs passionnés de bons produits, importés ou non, disponibles ou non, démarche dont pourra profiter ou non l'importateur concerné.

En 1983, Sony lançait pour le marché japonais une série de cas-



ques baptisés «Fontopia». Ces mini-casques avaient pour particularités et pour avantages un poids ultra-léger, de l'ordre de 5 g, l'absence d'arceau (ou bande) de serrage reliant les deux écouteurs. Une autre particularité de ce mini-casque était un placement latéral et dans l'oreille des écouteurs. Sur les mini-casques (sans bande de serrage), les écouteurs sont entourés d'un coussinet en mousse et viennent s'appliquer contre l'oreille sur un plan parallèle aux côtés de la tête. Les séries Sony Fontopia, elles, ont des écouteurs qui, munis ou non de coussinets en mousse, sont dirigés vers l'avant ou à 45° environ vers l'avant de la tête. Le couplage plus serré entre les écouteurs et les tympons, la meilleure orientation des transducteurs permettait d'accéder à de meilleures performances dans le grave, en bande utile et en niveau acoustique. C'est justement en limitant les fuites acoustiques au niveau du coussinet en mousse et en ayant recours à un couplage plus serré, réduisant le volume d'air compris entre le tympan et le transducteur qu'il devenait possible d'étendre sensiblement la

réponse aux fréquences graves. La lancée des lecteurs C.D., la sortie casque présente sur la plupart de ceux-ci impliquait la mise au point de casques et de minicasques nettement plus performants que ce qui était disponible jusqu'ici sur le marché. Jusqu'à présent, les critiques portaient surtout sur l'inconfort du casque, de son poids, des arceaux de serrage serrant trop fortement la tête, de l'encombrement. D'où le succès remporté par les premiers minicasques ultra-légers. Avec les premiers minicasques sans arceau de serrage, un premier grand pas en avant était fait. Un autre avec la lancée des séries Sony Fontopia dont la gamme actuelle est représentée par les modèles MDR-A 20L, MDR-A 55 LS, DR-W 70 C, MDR-E 212, MDR-E 222 et MDR-E 265. Sur les séries MDR-E, Sony ajoutait sur le principe «Open Air» (casque ouvert à l'arrière) un tuyau acoustique baptisé SATC (Sony Acoustic Turbo) qui fut amélioré par la suite sous la version SATC II. Une version encore supérieure, le MDR-E 262 F reposant sur le même principe se voyait complétée d'un second tuyau acoustique «Turbo II» ainsi que de câbles en cuivre de haute pureté.

La nouvelle version MDR-E 282 reprend la conception du MDR-E 262 F, mais en haut de gamme : cordon en fil de Litz aux brins en cuivre non oxygéné à cristaux longs LC-OFC, membrane haut polymère avec dépôt d'un film de saphir, aimant au samarium-cobalt, ceci en plus des deux charges acoustiques «Turbo II» et «SATC». D'autre part, la version MDR-E 282 comporte un égaliseur de phase placé devant la membrane, ceci dans le but d'étendre et de linéariser le courbe de réponse. De ce fait et contrairement à la majorité des casques, l'écouteur référencé L (gauche, côté du fil court reliant le cordon principal) doit être obligatoirement placé sur



l'oreille gauche. Le casque ne pèse que 5,5 g et l'ensemble s'enroule dans un étui enrouleur très pratique. Le jack est de type double format.

Si, sur le MDR-E 262 F, on obtenait déjà des résultats stupéfiants, notamment pour ce qui concerne le niveau acoustique maximum admissible sans distorsion, l'absence de coloration, l'étendue de la réponse aux fréquences graves, le MDR-E 282 atteint des performances que l'on peut oser qualifier d'«extraordinaires». Non seulement le taux de coloration est des plus bas du grave à l'extrême-aigu mais ce casque est doté d'une linéarité subjective remarquable. Le niveau maximum admissible est très étonnant et on ne constate pas ce son de «peau de tambour» dans le grave, ce son léger et étiré vers l'extrême-aigu propre à bien des versions électrostatiques. Sur les sources CD (en particulier sur la sortie casque du lecteur CD), les résultats sont «renversants» de naturel, de dynamique et de «micro-micro-détails sonores». Ces qualités ont aussi pour revers le fait que ce casque transcrit intégralement les défauts (pourtant habi-

tuellement imperceptibles) de ronflement ou de souffle résiduel. Pour moins de 500 F, l'équivalent d'une paire d'enceintes de 50 000 F est «dans la poche». C'est le complément idéal du lecteur CD, une très bonne référence de comparaison subjective (test de différents maillons hi-fi) et aussi le casque de remplacement idéal de tous les «Walkmans» de qualité.

Passons à présent à un «vieux de la vieille», à ce haut-parleur Goodmans Axiom 80 qui, il y a plus de 20 ans, avait été considéré, au même titre que le JBL LE 8T, le Supravox T 215 RTF, le Wharfedale 8 RS/DD ou le Lowther PM-6 comme le meilleur haut-parleur large bande de l'époque. La firme anglaise Goodmans décidait de relancer en petite série cet Axiom 80 pour le marché japonais, dès 1984, suite aux très nombreuses demandes. Haut-parleur large bande original, l'Axiom 80 comporte des particularités technologiques uniques au monde : absence de spider, de suspension périphérique et remplacement de ceux-ci par un système de cen-

trage par fils et par bandes travaillant en flexion. Equipé d'un aimant Alnico, construit «à l'ancienne» sur un châssis massif et rigide, son rendement élevé et ses performances en largeur de bande, en dynamique, en réponse transitoire, en font de nouveau un best-seller au Japon. Espérons donc que son importation (sans doute possible) en France fera la joie de nombreux audiophiles. Nous aurons, nous l'espérons, l'occasion d'en reparler.

Allison 10

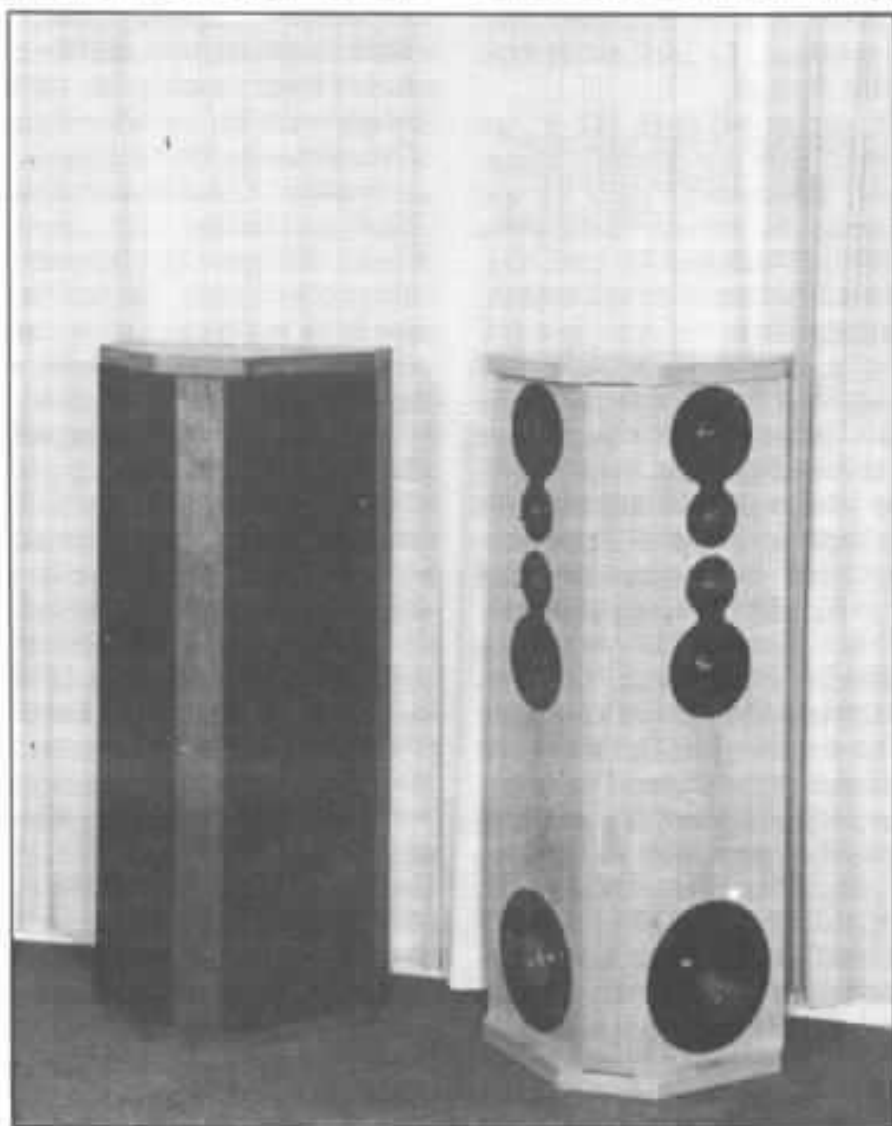
Roy Allison est sans conteste un des grands noms de l'électro-acoustique américaine. Il est le père de nombreux produits qui ont marqué leur époque. Avant de créer sa propre firme, il a travaillé aux côtés d'Edgar Villchur

chez Acoustic Research. Le démarrage de sa société dans le milieu des années 70 a été marqué par la sortie de l'Allison One. Cette enceinte, contre vents et marées, est restée un produit de référence dans de très nombreux pays, appréciée des mélomanes. Il aura fallu attendre près de 12 ans pour que son créateur se décide à sortir un modèle venant se positionner au-dessus... C'est chose faite avec l'Allison 10 qui a dernièrement été présentée à Chicago. Comme sa grande sœur, la 10 reprend sa forme de prisme. Chacune des parois du «V» est équipée de 5 haut-parleurs. Roy Allison a beaucoup travaillé sur les questions de rayonnement acoustique et de couplage au local d'écoute. Il a publié à ce sujet des articles fort intéressants dans l'AES et dans l'Audiophile

n° 9. Les deux boomers de 25 cm fonctionnent en push-pull. L'un d'eux est monté moteur côté externe de sorte à parfaitement symétriser le système. Les médiums et les tweeters utilisent la technologie tout à fait spéciale des dômes convexes autorisant une capacité dynamique et une linéarité excellentes. Comme l'indique la photo, on remarquera que sur chacune des faces, les deux tweeters sont placés entre les deux médiums de sorte à créer un plan de symétrie à hauteur d'auditeur. Cela a pour conséquence de réduire considérablement les effets de réflexion de sols et de plafonds sans affecter la dispersion horizontale. Les fréquences de coupure sont de 350 Hz et de 3 750 Hz. La fréquence de coupure grave du système -3 dB est de 28,5 Hz ! Une originalité, un contrôle permet de doser l'énergie acoustique rayonnée par la face interne et la face externe de sorte à ajuster l'image sonore le plus précisément possible en fonction des caractéristiques acoustiques du local, voire du goût de l'auditeur.

Condensateurs Shizuki

Après l'arrêt de fabrication des condensateurs Taitsu, nous avons entrepris une vaste «campagne» de recherches de solutions de remplacement : cela chez les constructeurs européens, américains et japonais. Après réception de multiples échantillons et essais, nous avons pu décanter les choses. Certains condensateurs, jouissant d'une solide image de marque outre-Atlantique, nous sont apparus comme étant médiocres au regard de modèles européens beaucoup moins onéreux. Côté français, certains modèles aux spécifications alléchantes et au coût «corsé» nous ont laissés sur notre faim... Déçus, nous avons expérimenté des échantillons



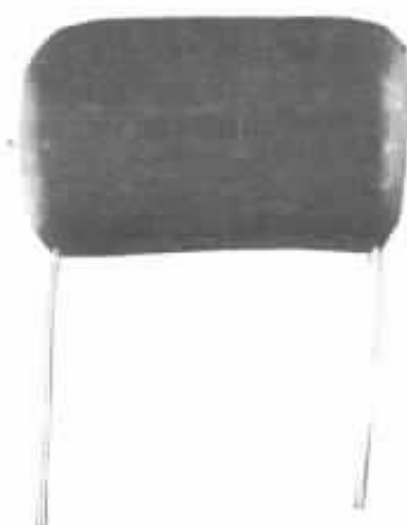


japonais. Un condensateur a retenu très vite notre attention : le Shizuki à diélectrique polypropylène. Après essais en liaison sortie RIAA sur le préamplificateur Kanéda, nous avons autopsié le composant pour essayer de comprendre le pourquoi de ses qualités subjectives.

Coupée à la scie à métaux, cette capacité se différencie par une



compacité hors du commun. Habituellement, un condensateur à film, lorsqu'il est sectionné, laisse clairement voir les coupes du bobinage. Rien de tel avec le Shizuki, on croirait un bloc de métal. L'explication réside en un pressage extrême du bobinage. Celui-ci est ensuite enrobé par une couche de résine très dure de plusieurs millimètres d'épaisseur. L'aspect esthétique



final n'est pas très réussi, mais qu'importe. Un examen plus détaillé montre que les sorties en fils de cuivre sont soudées à l'étain, sur une très large surface, sur les armatures. C'est un point très positif. Que dire de plus, si ce n'est que leur prix est très compétitif et que La Maison de l'Audiophile a décidé de les importer en deux valeurs : $1 \mu\text{F}$ et $0,47 \mu\text{F}$, isolement 200 V.