

N° 18 NOVEMBRE 1991 15^e ANNÉE

L'AUDIOPHILE

PANORAMA DE 16 SOURCES AUDIO



- *QUOI DE NEUF ?*
40^e AUDIOFAIR DE TOKYO
- *IDEES NOUVELLES*
LA MORT DU TUBE ?
A LA POURSUITE DU 300 B
(SUITE)
- *LA RENCONTRE*
GERHARD LEHNER
- *Nelles TECHNOLOGIES*
DACs :
LA GUERRE DES NOMBRES



LES MUSES D'OR



à
l'Audio Computer
Marantz AX-1000

CLASSIQUE
pour une
discographie
Mozart (2^e partie)

JAZZ

Miles Davis :
bye, bye, Blackbird



M 2589 - 18 - 55,00 F RD



HAUTE FIDÉLITÉ PLUS !

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

Quoi de neuf?



The 4
AUDIO

40^e AUDIO FAIR DE TOKYO

Jean Hiraga

Depuis près de quarante ans, la Japan Audio Society, qui représente, en plus de ses activités, la section japonaise de l'American Audio Society, organise chaque année l'Audio Fair, une manifestation où se trouvent réunis les principaux constructeurs et importateurs de matériels haute-fidélité de vocation soit grand public soit de plus haut de gamme.

Cette année, plus de 80 exposants s'étaient regroupés à la mi-octobre pour présenter leurs nouveautés sur cinq niveaux de l'une de ces grandes tours qui dominant la grande ville de Tokyo, le Sunshine City Convention Center.

'91 音と映像の祭典

第40回 オーディオ・フェア

招待券 ■ 入場引換券
(非売品)

主催：日本オーディオ協会 (03)3403-6649

期間：1991年10月9日(水)→13日(日)

9日～12日10:00～18:00 / 13日10:00～17:00

会場：池袋・サンシャインシティ

コンベンションセンターTOKYO

後援：通商産業省・文部省・東京都・日本放送協会

(社)日本電子機械工業会・(社)日本民間放送連盟・(社)日本レコード協会

※本券を会場入口で入場券と引換えの上ご入場ください。

ぜひみせると
もっとおもしろい

40th
FAIR

Au cours des quinze dernières années, l'une des tendances de ce salon a été une participation de moins en moins enthousiaste des P.M.E. japonaises de l'audio, ce pour des raisons que l'on rencontre partout ailleurs dans ce genre de manifestation : prix trop élevé des stands, bruit ambiant élevé, installations d'auditoriums à la portée des gros industriels seulement. Dans la plupart de ces salons japonais, américains ou européens, une autre tendance a été celle de l'introduction progressive de la télévision et de la vidéo, ce qui a mené pour certains d'entre eux à une scission entre l'audio et la

vidéo. En France, le Festival du Son prit plus tard, et jusqu'à sa disparition, le nom de Festival du Son et de l'Image. Par contre, l'Audio Fair de Tokyo est l'un des rares à avoir conservé cette appellation bien que plus de la moitié des appareils exposés concernent beaucoup plus l'image que le son. Cette tendance ne fait que confirmer une mutation du marché au sein duquel la vidéo prend une place prépondérante après avoir fusionné avec l'audio.

16/9^e, Muse et TVHD

Le Japon s'attendait à la sortie fin 91 de nombreux téléviseurs

au format 16/9^e. Rares, de prix encore très élevé il y a à peine un an, on les connaissait sous les marques Sony, Toshiba, Hitachi, Panasonic, JVC ou NEC. Comme on le sait, le Japon vient de passer depuis novembre 91 à l'ère de la haute-définition avec huit heures de programmes journaliers, ce qui a incité les constructeurs japonais à s'adapter très vite à la situation. Le procédé compatible Muse appliqué dans ce pays permettra ainsi aux utilisateurs de passer progressivement, en l'espace de trois à cinq ans, du format 525 lignes au format haute-définition japonais 16/9^e 1125 lignes Muse. Les

modèles, au nombre de six début 91, seront de l'ordre d'une quarantaine d'ici fin 91 et vont certainement doubler au cours de l'année suivante. Les prix, qui étaient, au début, compris entre 80 et 150 000 F, sont désormais de l'ordre de 32 à 40 000 F et vont continuer à baisser d'ici 1993. Les concurrents européens pourront se rassurer en sachant que le procédé Muse n'est pas compatible avec la norme européenne D2-Mac. Toutefois, il n'est pas impossible que des extensions de ces deux formats puissent mener un jour à certaines formes de compatibilité. Rappelons de plus que le Japon prévoit déjà l'application du double balayage en TVHD, ce qui porte le nombre de lignes à 2 250. D'ores et déjà, le programme d'équipement en TVHD au Japon est très en avance sur celui des autres pays, notamment en Europe où la Grande-Bretagne, la Belgique semblent s'intéresser fort peu à la norme D2-Mac.

Nouveautés audio

Passons plutôt à la présentation de quelques nouveautés qui ont marqué cette manifestation. Comme on devait s'y attendre, deux nouveaux formats dont il a été beaucoup question récemment étaient présents. Il s'agit bien entendu du DCC Philips et du Mini-Disque Sony. Le stand Philips regroupait tous les appareils des constructeurs japonais et étrangers ayant adopté le standard DCC. La majorité des appareils exposés (appareils portables pour la plupart) étaient encore à l'état de prototype. La firme Polygram, également présente, exposait de très nombreuses cassettes DCC pré-enregistrées.

Pour les appareils de salon, ces magnétocassettes DCC étaient présents sur plusieurs stands dont celui de Marantz avec le modèle DD-700 (figure 1), dont la présentation

rappelle celle d'un lecteur CD, ainsi que chez le groupe Matsushita / Technics / Panasonic. Ce grand constructeur effectuait des démonstrations d'un magnétocassette DCC Panasonic à tiroir central, le KH-7, équipé des circuits MASH et en analogique des réducteurs de bruit Dolby B et C (figure 2).

Chez Sony, qui a également décidé de se rallier au standard DCC figuraient de nombreuses nouveautés. A retenir principalement l'enregistreur-lecteur audionumérique de Mini-disque (figure 3) dont la référence exacte n'est pas encore rendue publique ainsi qu'un magnéto-



Fig. 1 : Magnétocassette DCC Marantz DD-700. Comme le permet le format DCC, il peut également assurer la lecture des cassettes compactes standard.



Fig. 3 : Enregistreur/lecteur portable de Mini-Disque Sony.

cassette n'utilisant cette fois ni les formats DCC, DAT ou Mini-disque, mais une micro-cassette usant du format audionumérique, la compression des données numériques par procédé Sony Atrac et une fréquence d'échantillonnage de 32 kHz. Le tout portant la durée d'enregistrement à 20 mn par face avec une qualité sonore pratiquement équivalente à celle du compact-disque.

Le CD enregistrable (une seule fois, lecture à volonté) de format CD-WORM (Write Once, Read Many) connaît un succès de plus en plus marqué.

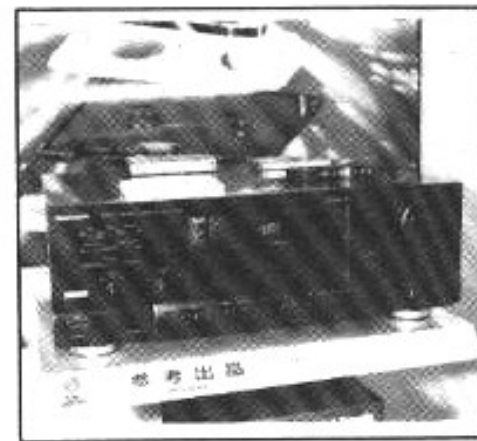
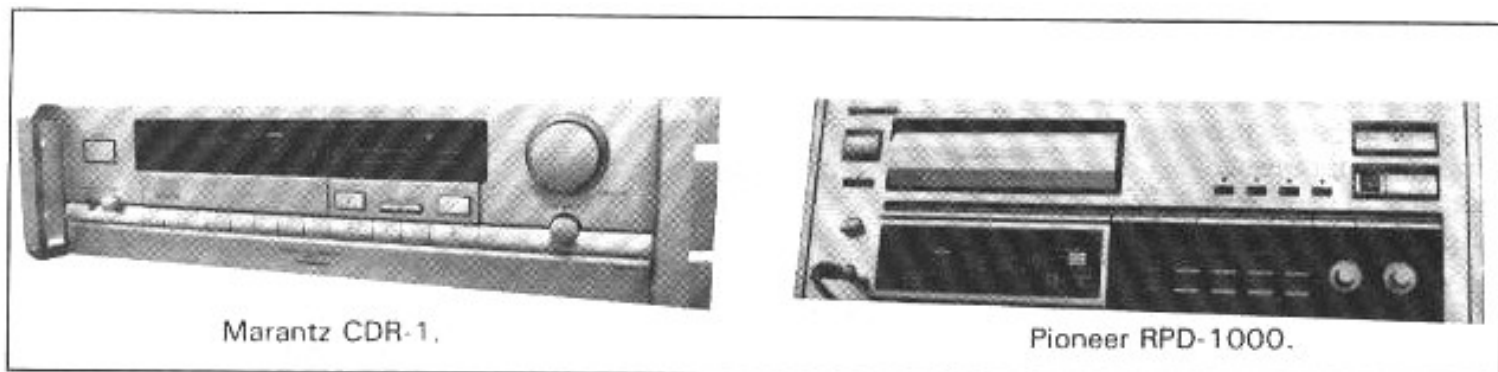


Fig. 2 : Magnétocassette DCC Panasonic KH-7.

Grâce aux nouveaux circuits intégrés VLSI, le formatage compact-disque rend possible la réalisation d'appareils beaucoup plus compacts, ce qui n'était pas encore le cas il y a à peine deux ans. Deux beaux exemples sont à retenir : le Marantz CDR-1 et le Pioneer RPD-1000 (figure 4).

De leur côté, les lecteurs CD de haut de gamme continuent leur chemin vers une perfection de plus en plus poussée, frisant les limites théoriques offertes par le format compact-disc. Petite remarque à ce propos : il est regrettable de constater que le procédé nécessite une lecture d'une précision extrême mais



Marantz CDR-1.

Pioneer RPD-1000.

Fig. 4 : Enregistreurs/lecteurs de disques CD-WORM (enregistrable une fois, lecture à volonté) Marantz et Pioneer.

que les moyens mis en œuvre, y compris sur les appareils de haut de gamme restent modestes. Les lentilles constituant l'optique, par exemple, sont en polycarbonate et, dans les meilleurs cas, en verre mais restent, la plupart du temps, des éléments moulés, alors qu'un polissage de haute précision serait souhaitable. De plus, les faisceaux laser d'émission et de réception sont transmis dans des directions très proches. Ainsi, au moment de commutations (passages en début ou en fin de « bosse » codée), l'optique travaille dans une condition de « contre-jour » extrême, ce d'autant plus qu'il s'agit d'une lumière cohérente. Or, il est reconnu que seuls des traitements de surface multicouches genre T de Zeiss, SSC de Canon ou EBC de Fuji permettraient en « contre-jour » (spot de retour presque de l'axe de l'optique) d'obtenir un bon contraste. Ce serait, comme on le sait, un paramètre essentiel d'une commutation à transitions nettes, sans phénomènes de jitter. Du côté mécanique et asservissement du chariot de lecture, il a par contre été fait récemment de grands progrès. Plateaux, palets presseurs et autres artifices éliminent les phénomènes de voile, de vibration du disque en rotation. Le format Compact-Disc pose malgré tout un problème difficile à surmonter qui concerne la stabilisation de la vitesse de rotation. Elle est de type à vitesse linéaire constante (et non à vitesse angulaire constante comme sur les disques

noirs). Cela signifie qu'une « stabilisation » éventuelle de la vitesse deviendrait dans ce cas précis une « stabilisation d'une vitesse angulaire décroissante », ce qui est très difficile à réaliser, d'autant plus que l'on doit conserver des temps d'accès et de recherche très courts. Là aussi, des efforts seront encore à faire au niveau de moteurs (couple, linéarité angulaire du couple, asservissement).

Les efforts des constructeurs vont dans ce sens et quelques réalisations exemplaires sont à retenir. Citons par exemple le lecteur CD Yamaha GT-CDI (prix au Japon : 20 000 F) dont le prototype est représenté à la figure 5. Les autres exemples montrant un net effort dans ce



Fig. 5 : Lecteur CD Yamaha GT-CDI.

sens sont les lecteurs CD Marantz CD 90, Denon DCD-PX (avec convertisseur séparé, DCD-DX) et aussi une réalisation allemande, le Burmester, assez impressionnante (figure 6), massive et reposant sur des suspensions parfaitement amorties.

Rarissimes, quelques tables de lecture analogiques continuent de ponctuer çà et là un marché dans lequel les sources principales sont devenues le compact-disque, la cassette compacte et la radio. Un prototype de ce genre était exposé sur le stand Luxman, la table de lecture analogique Luxman PD-3000. Sous un aspect métallique massif teinté champagne, ce modèle fait appel à un plateau lourd entraîné par courroie, à un nouveau type d'axe qui, selon Luxman, serait une grande nouveauté car dépourvu de jeu et de bruit de friction. L'ensemble est équipé d'un bras unipivot avec stabilisation latérale (figure 7).

Moins d'enthousiasme pour de nouveaux types de convertisseurs cette année avec pour rares exceptions des modèles tels que le Luxman DA 5000 (figure 8).

Dans le haut de gamme des amplificateurs de puissance, signalons la sortie des imposants blocs mono pure classe A Accuphase A-100 (80 000 F la paire au Japon) de puissance 100 W/8 Ω et dont l'esthétique rappellerait plutôt celle de certaines électroniques américaines que le « design » Accuphase classique. Une autre réalisation remarquable est le M7 Exclusive/Pioneer. Ces deux maillons prestigieux

sont représentés sur la figure 9.

De nombreux produits étaient présents, notamment les électroniques françaises Lectron (figure 10).

Une grande partie des mailons importés étaient parfois présents à la fois à l'Audio Fair ainsi qu'à une exposition parallèle, « La Haute-Fidélité étrangère ». En enceintes acoustiques de haut de gamme, les industriels japonais exposaient différents prototypes, notamment la Sony SS GR-1 et la Yamaha GF-1 (figure 11).

Parmi les nombreux produits importés connus ou moins connus (MOS Group, Higher Fidelity, Ensemble, Meridian, Wadia, Tube Research, MAS, Linn, Wilson Audio, Jordan Watts), remarquons que certains modèles ne sont pas toujours importés en France, entre autres la nouvelle enceinte JBL S-5500 (figure 12).

Petit retour aux produits vidéo pour signaler la sortie, chez Aiwa, d'un magnétoscope VHS tri-standard NTSC/PAL/SECAM dont le prix au Japon ne dépasse pas 2 800 F, le HV-M100.

L'auteur remercie la revue japonaise *Audio Technology*, ainsi que M. Oizumi, du groupe de presse Seibundo, pour leur précieuse collaboration.

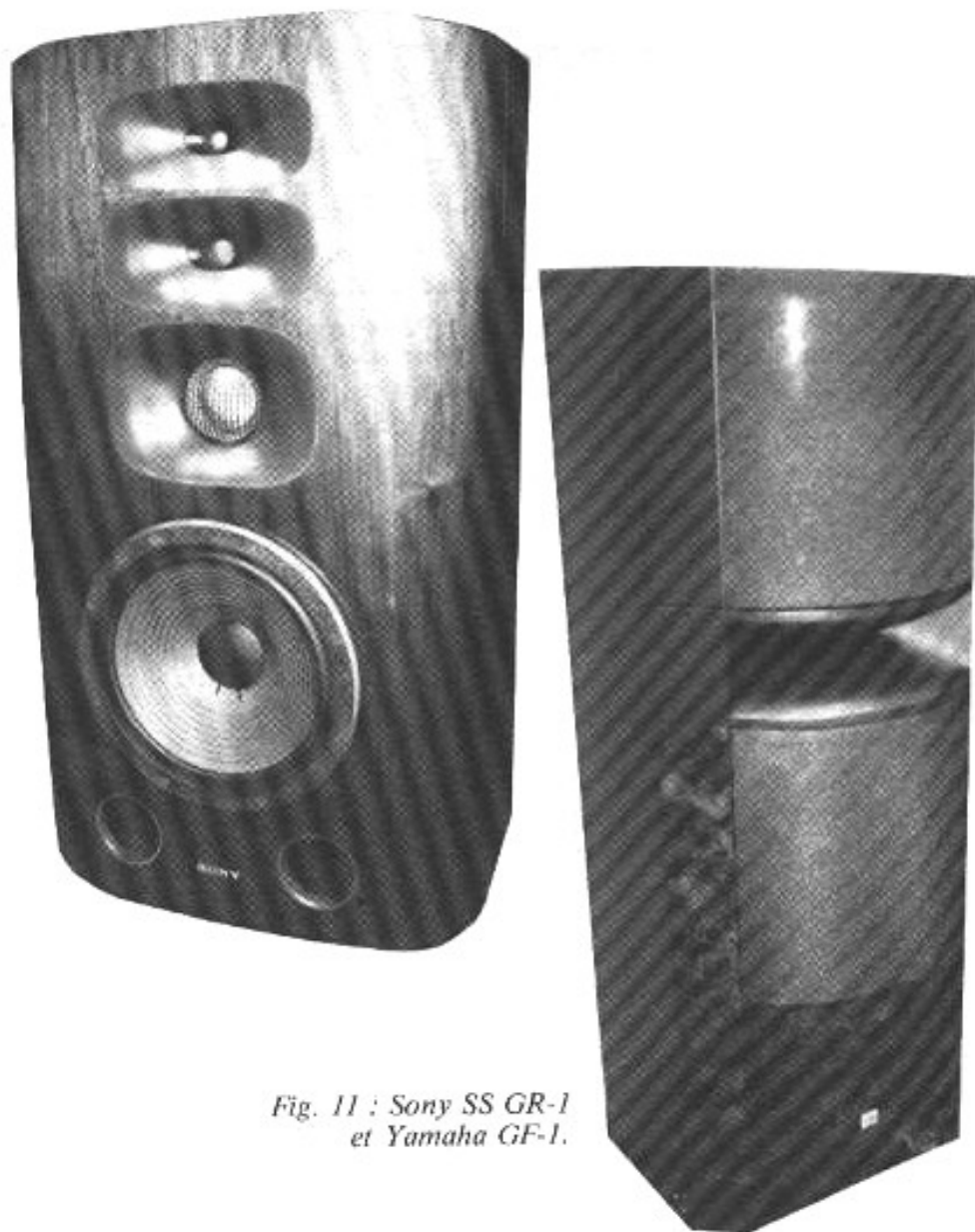


Fig. 11 : Sony SS GR-1 et Yamaha GF-1.



Fig. 12 : Enceinte JBL S-5500.



Mitsubishi Hi-Vision.

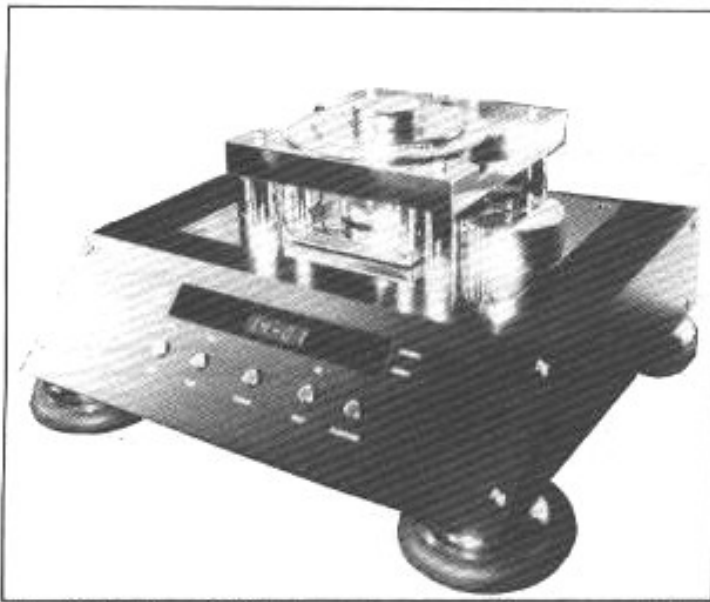


Fig. 6 : Lecteur CD de haut de gamme Burmester (Allemagne).



Fig. 7 : Table de lecture analogique Luxman PD-3000.

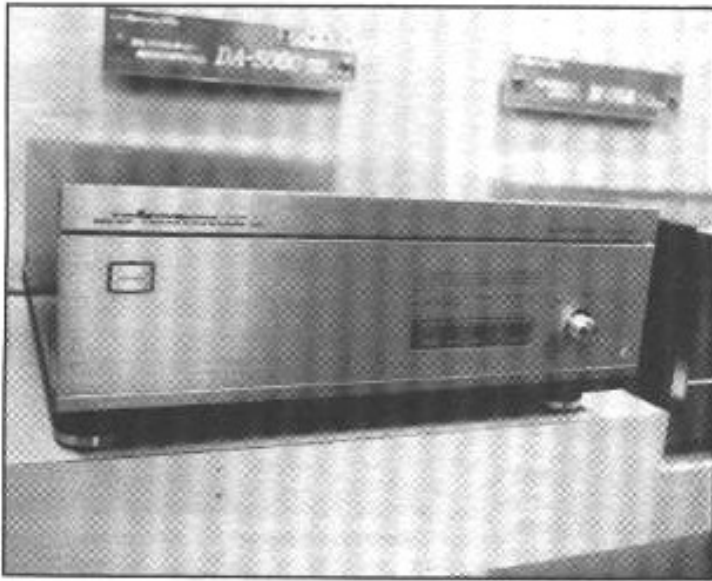


Fig. 8 : Convertisseur N/A de haut de gamme Luxman DA 5000.

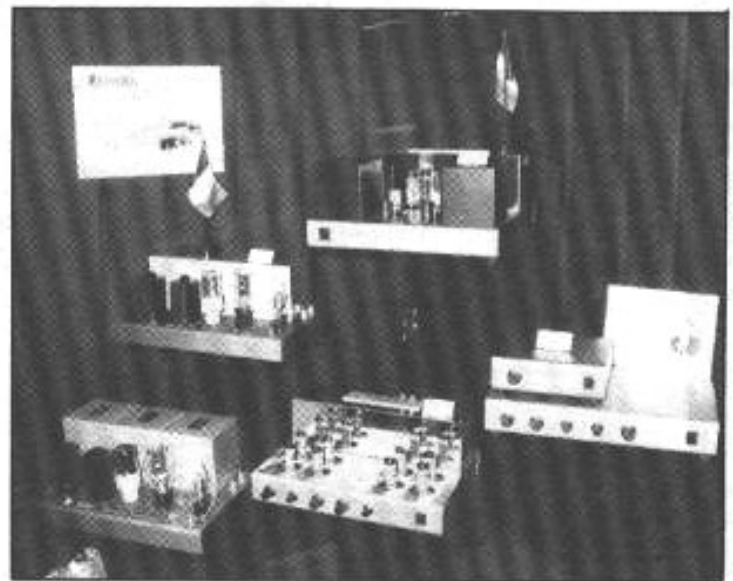


Fig. 10 : Amplificateurs de haut de gamme Accuphase et Exclusive.

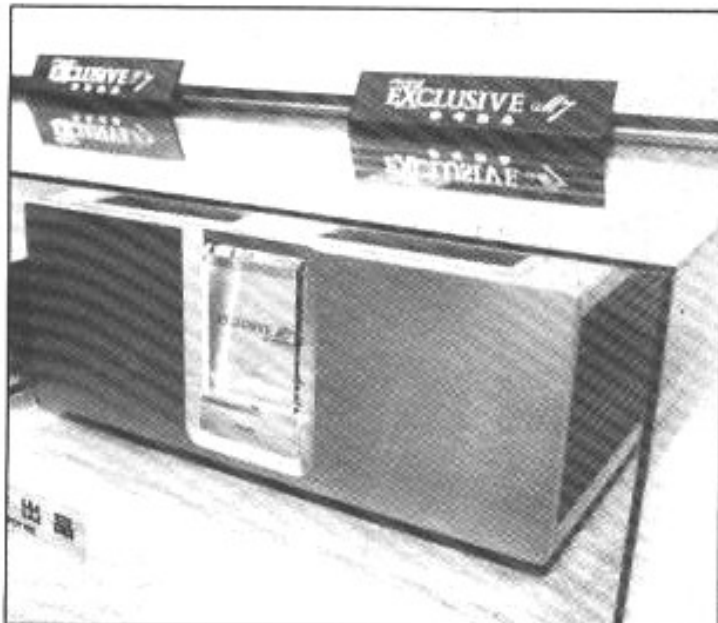


Fig. 9a : Amplificateur monaural Accuphase vraie classe A A-100.

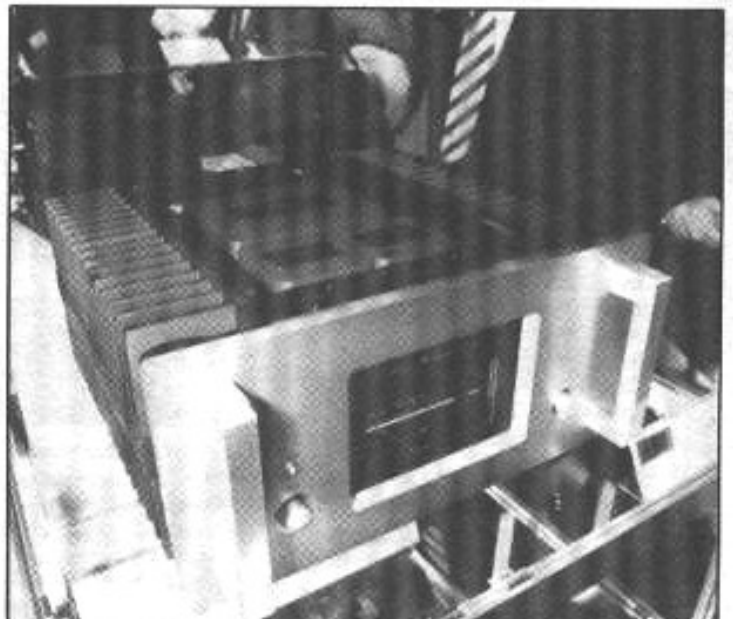


Fig. 9b : Amplificateur Pioneer/Exclusive M-7.

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

DACs : LA GUERRE DES NOMBRES

Philippe Miche



a compétition commerciale à laquelle se livrent les nombreux fabricants de matériel audio-numérique ces dernières années a de quoi faire perdre sa musique à plus d'un audiophile.

En effet, après avoir vanté les avantages des techniques multi-bits à résolution toujours plus élevée (14, 16, 18, 20, voire 22 bits), l'introduction des convertisseurs du type «Bitstream» ou «MASH» a jeté un certain trouble dans l'esprit des protagonistes en présence... et des acheteurs potentiels.

Un peu d'histoire et un rappel des techniques utilisées depuis fin 1982 début 1983, époque du lancement grand public du CD audio permettant de faire le point et la part des choses.

Retour vers le futur...

A la fin de la deuxième guerre mondiale, la précision des raids aériens nocturnes de la R.A.F. sur l'Allemagne nazie restait un mystère pour le plus grand nombre. Les rumeurs les plus extravagantes circulaient alors à propos de ces bombardiers nyctalopes britanniques.

Une des hypothèses les moins saugrenues - et encore - faisait référence aux propriétés de la vitamine A, connue pour améliorer la vision.

Les services britanniques concernés ne se privaient pas d'entretenir ces rumeurs ; le régime alimentaire de leurs pilo-

tes d'avion n'était-il pas en effet exclusivement constitué de carottes ?!

Cette précision, ils la devaient en fait à un de leurs compatriotes, Sir Alec Harley Reeves, et une de ses nombreuses inventions, le système «Oboe» l'ancêtre du radar.

Au-delà de cette anecdote et de qu'elle suggère, il se trouve que Reeves est également le géniteur d'une technique qui a révolutionné les télécommunications : la modulation codée par impulsions ou technique «P.C.M.» pour «Pulse Coded Modulation». Les brevets protégeant la propriété de ce concept majeur furent déposés en octobre 1938 en France, où Ree-

ves travaillait alors (pour la filiale locale de la multinationale I.T.T.).

Les premières applications P.C.M. et notamment la numérisation de signaux radio-téléphoniques virent le jour avant l'invention du transistor et utilisaient donc... des tubes.

Comme quoi, des techniques réputées comme très récentes ne le sont pas tant, et par conséquent l'opposition souvent avancée entre techniques «anciennes» (le tube) et «modernes» (le numérique) n'a pas de fondements puisqu'elles sont contemporaines (au sens littéral : «du même temps»).

En fait, les techniques présentes dans les lecteurs CD ne sont

guère originales (spécifiques), encore moins «révolutionnaires». Elles empruntent largement au domaine des télécommunications qui cumule une longue expérience et un champ d'applications très vaste, et repose sur une base théorique conséquente.

Ainsi, dans «A mathematical theory of communication» dont la publication remonte à 1948, Shannon pose nombre de fondements théoriques dont la technologie des télécoms est aujourd'hui l'héritière et par extension celle de l'audio-numérique.

Parmi ces principes, la capacité d'un canal de communication détermine les performances possibles des signaux à transmettre en termes de bande passante et de résolution. Ces termes sont interchangeable pour une capacité (un débit d'informations) donnée. Autrement dit, l'amélioration de la résolution ou ce qui revient au même du rapport signal sur bruit passe soit par la réduction de la passante, soit par une capacité de débit plus importante. Ce principe de base est appliqué depuis longtemps dans les radio-communications, par exemple avec la modulation de fréquence.

Il peut être transposé dans le domaine des données échantillonnées où une autre règle fondamentale est que la fréquence d'échantillonnage doit être au moins du double de la bande passante du signal.

Par là-même devient sous-jacente l'idée qu'un transfert entre résolution et fréquence d'échantillonnage est possible tout en préservant l'intégrité de l'information définie par un format tel que 16 bits à 44,1 kHz.

Cette idée fut exploitée par Philips dès le lancement du CD audio. Poussée à son extrême limite, et associée aux techniques de conformation du bruit de quantification en amplitude («Noise Shaping») elle aboutit

aujourd'hui au «Bitstream» ou DAC mono-bit. Point de révolution, mais la continuité logique (sans jeu de mots), d'un principe, rendu possible par les progrès de la densité d'intégration sur silicium.

Nous avons vu dans un article précédent que le rapport signal sur bruit maximal d'un convertisseur est fonction du nombre de bits de ce convertisseur et du taux de suréchantillonnage qui lui est appliqué.

Soit pour une sinusoïde pleine échelle :

$$\text{SNR}_{\text{max}}(\text{dB}) =$$

$$6,02 N + 1,76 + 10 \log_{10} \left(\frac{f_s}{2f_b} \right)$$

où

N = nombre de bits

f_s = fréquence d'échantillonnage

f_b = bande passante signal

Ainsi l'information contenue dans 16 bits/44,1 kHz est équivalente à celle définie par 15 bits/176,4 kHz.

La musique préfère 14 bits à 16...

Il est amusant de noter que Philips, le créateur du CD audio se serait bien contenté pour des raisons technologiques de fabrication d'une quantification en amplitude sur 14 bits.

D'ailleurs, 14 bits soit 84 dB du rapport signal sur bruit et donc de plage dynamique auraient suffi au contentement de nos chères oreilles (qui connaît un enregistrement musical qui dépasse voire approche une telle dynamique ?).

Mais Sony, allié objectif de Philips pour le lancement à grande échelle de CD audio, su convaincre ce dernier d'adopter un format avec 16 bits de résolution. Cela servait manifestement ses intérêts dans le domaine professionnel, et le succès du codeur-décodeur numérique P.C.M.-FI travaillant déjà sur 16 bits en association avec un magnétoscope comme unité de

stockage emportèrent les dernières réticences de Philips.

Cependant à l'époque, la maîtrise de ce dernier dans le domaine de la fabrication de DACs monolithiques se limitait à 14 bits.

Comparativement Sony disposait alors de convertisseurs 16 bits suffisamment rapides pour être utilisés en temps partagé alternativement pour les canaux droit et gauche et selon une méthode de conversion dite linéaire (décodage «mot à mot», «mot pour mot») prétendument plus fidèle que celle retenue par Philips, et que nous allons voir.

Pas question pour Philips d'en passer par des technologies hybrides ou modulaires pour des raisons évidentes de coût de revient, facteur déterminant du succès de masse de leur invention. Il leur fallait bien cependant adapter le format retenu de 16 bits à ces DACs où le code d'entrée était limité à des mots de 14 bits.

Le plus évident aurait été de tout simplement tronquer les 2 derniers LSBs ou bits de poids faible, chargé de représenter les signaux de très faible amplitude.

Philips décida d'utiliser les techniques de traitement numérique du signal et laissa à Sony son approche de la conversion linéaire mono-DAC qui a failli faire condamner le CD par les audiophiles.

Rappelez-vous les premières générations de lecteurs CD d'origine japonaise ont été largement critiquées pour leur présentation agressive des programmes musicaux : «aigu métallique», «absence de naturel, de respiration», «dynamique exacerbée mais rendu terne des timbres», «écoute rapidement fatigante», etc.

Sur le plan technique, l'utilisation d'un seul DAC rend indispensable une circuiterie analogique alourdie constituée d'un commutateur pour réaliser la séparation stéréophonique et de

dispositifs «anti-glitches» à base d'amplificateurs échantillonneurs-bloqueurs (voir figure 1).

Outre le décalage entre canaux D & G d'une demi-période d'échantillonnage préjudiciable au rendu stéréo de l'aigu, on imagine sans peine les effets de coloration apportés par cette succession d'étages analogiques.

Et pour couronner le tout, l'absence de filtrage numérique et d'interpolation (suréchantillonnage) obligeait pour s'affranchir de la distorsion de repliement («aliasing») la présence d'un filtrage analogique en sortie à pente très raide aux effets désastreux en termes notamment de réponse transitoire et de comportement en phase.

La solution apportée par Philips au problème d'adaptation du format 16 à 14 bits allait en même temps régler les problèmes évoqués ci-dessus de l'approche de Sony.

Le système de Philips (voir figure 2) intègre dès la première génération un filtrage passe-bas dans le domaine numérique, (SAA7030) à pente très raide également (et même sans commune mesure avec ce qu'il est possible d'obtenir en analogique), mais en préservant un temps de propagation du groupe constant (phase linéaire). Il était précédé d'un interpolateur (SAA7000) élevant le rythme de la fréquence d'échantillonnage à 176,4 kHz. Il faut noter à ce propos que cette technique d'interpolation qui consiste en la création et l'insertion d'échantillons «intermédiaires» entre les échantillons originaux n'améliore en rien le contenu spectral de l'information bornée par un format tel que 16 bits/44,1 kHz. Il permet essentiellement d'augmenter le rapport signal sur bruit (le terme $10 \log_{10} \left(\frac{f_s}{2f_b} \right)$ de l'expression du «SNR» vue plus haut) et de relaxer les spécifications du filtrage continu anti-repliement en sortie du système

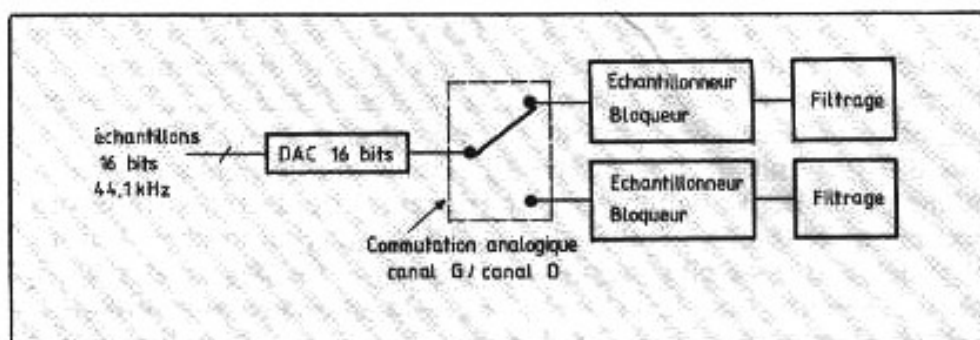


Fig. 1 : Système de conversion mono-DAC.

de conversion, pour une pente plus douce et donc un maintien de bonnes caractéristiques de phase.

Enfin, la séparation des canaux droit et gauche est effectuée dans le domaine numérique. Par conséquent le SAA7030 attaque séparément et simultanément 2 DACs en l'occurrence les TDA1540 de 14 bits (1 par canal). Ceux-ci sont suivis d'étapes analogiques simplifiées pour l'adaptation en impédance et le filtrage anti-repliement qui réalise en même temps une opération de lissage des «marches» caractéristiques de la fonction de transfert en escalier des DACs.

Malgré l'utilisation d'une technologie de prime abord dégradée si l'on ne considère que la fonction DAC proprement dite, c'est bel et bien Philips qui sortit vainqueur de ce face-à-face «numérique» sur le plan de la musicalité. Ceci ne fait pas de doute si l'on observe ce qui s'est passé par la suite. Matsushita et Yamaha développèrent des filtres numériques suréchantillonnant à 88,2 kHz. Puis on a

assisté à une généralisation de l'emploi de ce type de structures de filtrage numérique chez l'ensemble des constructeurs Sony compris, ce qui tend à prouver le bien-fondé de l'approche Philips.

16, 18, 20... 1. Partez !

La guerre des nombres pouvait commencer rythmée par l'escalade des taux de suréchantillonnage (2, 4, 8, 16, 64 fs) et celle des résolutions des DACs.

Or les conséquences d'une telle inflation ont été escamotées. Parmi ces conséquences, on peut citer notamment 2 problèmes majeurs :

- l'augmentation de la résolution est synonyme d'une réduction du niveau du bit de poids le plus faible (LSB). Pour un niveau de sortie maximum de 1,4 VRMS soit 2 V crête et 100 dB de dynamique (17 bits de résolution) le LSB équivaut à $20 \mu\text{V}$. Le temps d'établissement d'un ampli requis pour ce niveau de précision (au 1/2 LSB près, soit

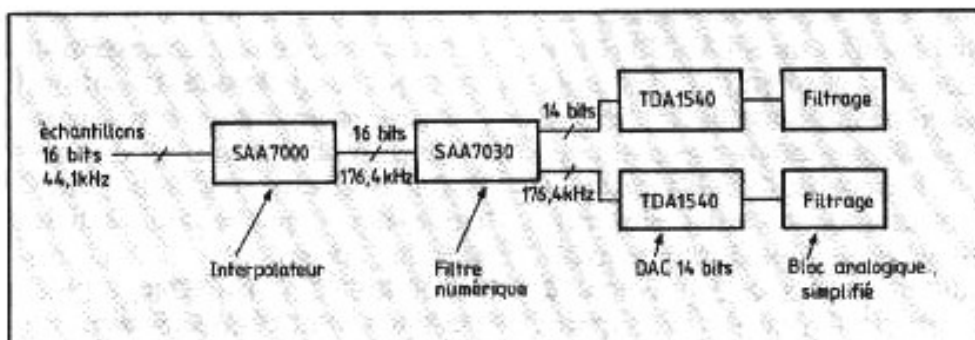


Fig. 2 : Système Philips première génération.

10 μ V si l'on veut respecter ces 100 dB théoriques) est une gageure quasi impossible à tenir. Et si on considère en outre la tension d'offset initiale, les effets induits par la dérive en température, et que ce temps d'établissement devra être de plus en plus court à mesure que le rythme d'échantillonnage s'élève, nul besoin d'évoquer ce qui se passe pour des résolutions de 18 ou de 20 bits...

— La gigue en phase («phase jitter») et/ou en fréquence est amplifiée par des taux de suréchantillonnage plus élevés. Les dispositifs à PLL rencontrés avec les circuits intégrés présents dans les lecteurs de CD présentent un comportement qui ne correspond pas à ce qu'ils sont sensés faire. En effet, il apparaît qu'ils se calent sur cette gigue mais ne l'annulent pas. Des mesures sur oscilloscope en sortie de circuits de «remise en forme» du flot de données numériques du type YM3623 (Yamaha) révèlent des fluctuations de plusieurs dizaines de nanosecondes. Un suréchantillonnage de 8 fois amplifié par le même facteur ce problème en sortie de l'interpolateur.

Dès lors l'évolution «mesurée» de l'approche Philips s'observe avec un nouvel éclairage. La substitution des deux TDA1540 de 14 bits par un seul DAC double voie, le fameux TDA1541, reflète les progrès des technologies de fabrication des circuits intégrés.

De même, le SAA7220 remplace en même temps les fonctions du SAA7000 (interpolateur) et celles du SAA7030 (filtre passe-bas numérique). Le taux de suréchantillonnage appliqué à ce nouveau tandem est maintenu à un facteur de 4, choix prudent mais sans doute aussi plus sûr. Philips ne semble donc pas avoir souhaité participer à la course à laquelle se livrent ses principaux concurrents.

Il en restera avec le couple

TDA1541/SAA7220 à 16 bits, 176,4 kHz, qu'il optimisera avec la version TDA1541 A et la version «B» du SAA7220.

D'ailleurs de nombreux constructeurs de lecteurs resteront fidèles à l'approche Philips jusqu'à la fin des années 80 et au-delà, et les machines auxquelles j'ai été personnellement le plus sensible - cela n'engage que moi - étaient celles de California Audio Labs, Méridian ou Micro-méga, tous aficionados du géant européen.

Pendant que d'autres continuaient leur bataille chiffrée, Philips préparait la prochaine génération de lecteurs avec sa technique Bitstream. Il faut évoquer également Matsushita (dont Philips possède 35 % du capital de la branche composants) qui avec un très faible décalage travaillait sur les convertisseurs Mash sous licence N.T.T. (les télécoms japonaises).

Pour mieux appréhender ces techniques «Bitstream» et «Mash», un petit retour sur la première génération des circuits Philips est utile (cf. également «la conversion $\Sigma\Delta$ », l'Audio-ophile n°12). La figure 3 représente schématiquement le processus utilisé avec le couple de circuit SAA7000 + SAA7030. Les échantillons de 16 bits alimentent l'interpolateur à la cadence de 44,1kHz. Celui-ci augmente le rythme d'échantillonnage à 176,4 kHz et attaque un système de «re-quantification» des données numériques qui tronque les données initiales sur 16 bits des 2 bits de poids le plus faible, produisant par conséquent une erreur et donc un bruit de quantification.

A ce point intervient à nouveau le concept du rebouclage (ici une «contre-réaction» numérique) déjà exposée dans l'article sur la conversion analogique-numérique $\Sigma\Delta$. En effet, les bits tronqués sont réinjectés avec un retard d'une période d'échantillonnage à l'entrée. De cette

façon, l'erreur provoquée par le processus de troncature est prise en compte par l'échantillon suivant et ainsi de suite. Sur un grand nombre d'échantillons, il y a dispersion et donc moyennage du bruit de quantification, ce qui permet d'augmenter le rapport signal sur bruit et la résolution équivalente. Ce procédé correspond à une forme de «noise shaping» utilisée par Philips dès la première génération de ses circuits intégrés dédiées au CD audio.

Par extension, on peut déduire que plus le rythme des échantillons sera élevé, moins l'information contenue dans chacun d'eux nécessitera de bits. En élevant le taux de suréchantillonnage et en cascadeant plusieurs étages de ce type, appelés différenciateurs numériques et qui emploient un filtre passe-bas dans la voie de rebouclage, on aboutit aux systèmes «Mash» («Multi Stage Noise Shaping») et «Bitstream».

La différence entre ces deux systèmes tient au niveau auquel est poussé le processus de troncature. Le «Bitstream» tronque jusqu'au niveau élémentaire soit 1 bit et 2 seuls états possibles ($2^1 = 2$). Quant au système «Mash» Matsushita (type MN6471) 11 états distincts sont possibles, ce qui explique l'expression de «DAC 3 1/2 bits» ($2^{3,3} \approx 11$) utilisée parfois pour reprendre une notation conventionnelle.

Une polémique a vu le jour récemment concernant ces deux approches, Philips revendiquant être le seul à proposer un DAC 100% numérique. En effet, la sortie de ses convertisseurs «Bitstream» SAA7321 et maintenant SAA7350, si elle correspond à une forme d'onde analogique n'en demeure pas moins une sortie numérique qui ne nécessite qu'un post-traitement simplifié pour récupérer le signal analogique audio.

Cependant les systèmes «Mash» de Matsushita ou bien

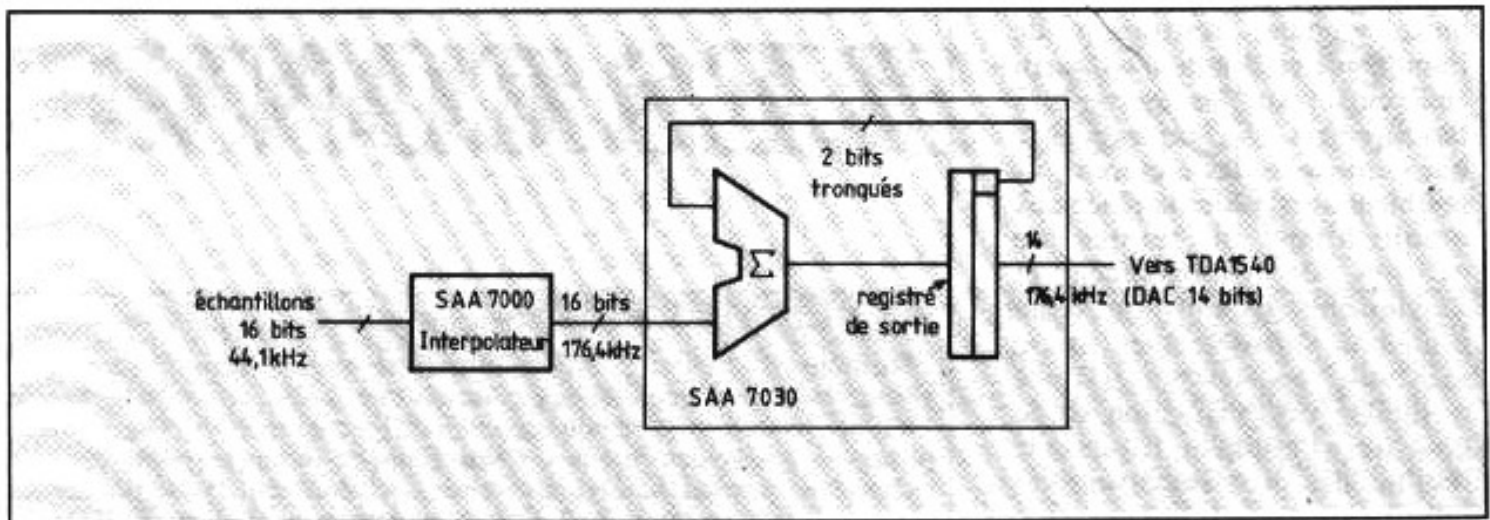


Fig. 3 : Autre présentation du système Philips première génération montrant le rebouclage des 2 bits (LSB) tronqués et correspondant à une forme de «Noise Shaping».

encore Sony (avec un circuit CXD - 2552) sont eux aussi des DACs «100%» numériques. S'ils n'empruntent pas la stratégie «mono-bit» de Philips, ils n'utilisent pas pour autant une circuiterie classique, type échelle de courants aux rapports calibrés par puissances de 2, comme dans le cas des convertisseurs «multi-bits».

Qu'il s'agisse de l'un ou de l'autre, c'est désormais le temps qui est fractionné en tranches et non plus l'amplitude. Comme le montre la figure 4 qui compare les deux systèmes, la modulation par densité d'impulsions («PDM» de Philips pour «Pulse Density Modulation») et la modulation par largeur ou longueur des impulsions («PWM» de Matsushita pour «Pulse Width Modulation» ou «PLM» de Sony pour «Pulse Length Modulation») utilisent la même approche : la variation des rapports cycliques de la modulation par rapport à l'horloge.

En ajoutant les architectures basées sur des DSPs programmables et permettant d'optimiser la section filtrage numérique, cette présentation des différentes approches de conversion utilisées depuis une dizaine d'années dans l'audio numérique permet de pondérer un certain discours publicitaire-marketing, nous annonçant une nouvelle révolu-

tion à peu près mensuellement...

Encore une fois, la 1^e génération de circuits Philips dédiés au CD audio faisait appel, comme nous l'avons vu, aux techniques de traitement numérique du signal : filtrage numérique, interpolation, «noise shaping».

J'anticipe la question suivante : «quel est le meilleur système de conversion ?» je ne me risquerais pas à trancher aujourd'hui, proposant une investigation plus poussée et la mise au point de prototypes «sans compromis», et je laisse à Didier Flacon le soin de faire le point sur les différents produits commerciaux disponibles actuellement.

Cependant, j'ai plusieurs remarques à formuler :

— j'ai constaté comme certainement l'ensemble des gens qui ont consacré quelque temps à des écoutes comparatives que des lecteurs partageant les mêmes composants de base et notamment filtres numériques et DACs (« $\Sigma\Delta$ » ou «multi-bits») peuvent être très différents sur le plan subjectif ;

— les systèmes « $\Sigma\Delta$ » («Bitstream» et «Mash») bien que très séduisants sur les plans théoriques, mesures et écoutes ne sont pas exempts de défauts. S'ils excellent au niveau linéarité et faible distorsion subjective (lisi-

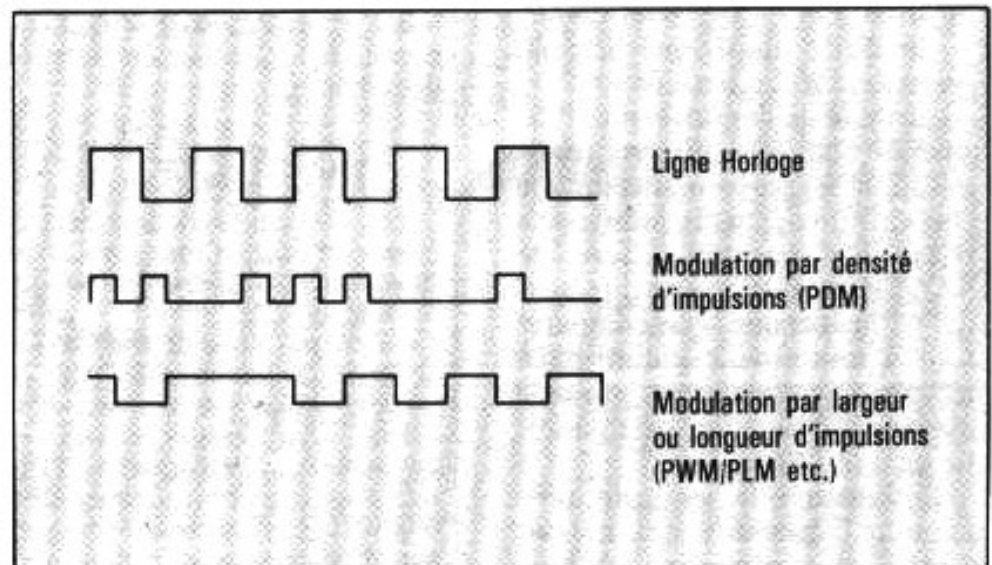


Fig. 4 : Comparaison des systèmes de modulation PDM et PWM/PLM où l'on constate l'utilisation d'un principe commun : la variation des rapports cycliques.

bilité globale, restitution de l'ambiance et des détails) particulièrement sur les messages à bas niveau et/ou complexes et ce que confirment les mesurent, ils semblent aussi céder la place aux «multi-bits» en termes de «corps» de «substance» et d'«autorité» (comme on dirait d'un bon vin) des notes jouées mais aussi du «tempo» (rythme et qualité de l'extinction de la note après l'attaque). Est-ce là le résultat des problèmes soulevés plus tôt de gigue («jitter») et de temps d'établissement d'autant plus prépondérants qu'on a affaire à des taux de suréchantillonnage extrêmement élevés ?

— du coup, les DACs classiques ont certainement encore leur mot (multi-bit) à dire surtout si les considérations économiques sont secondaires (technologies hybrides).

En fait, des voies différentes sont possibles et restent à explorer et à comparer sans a priori. Aussi, avec un ami audiophile et spécialiste du traitement numérique et analogique du signal, nous étudions plusieurs réalisations parmi lesquelles :

— un circuit «anti-gigue» de restitution de rythme du flot de données et des lignes d'horloge dérivé des systèmes rencontrés dans la transmission de données informatiques à très haut débit ;
— un filtre numérique original («modulaire») à base de DSPs ;
— un système de conversion type «1 bit» réalisé en discrets (optimisation des performances par le choix de composants individuels triés) en parallèle avec le SAA7350 («Bitstream» différentiel philips) et que nous comparerons à un système «multi-bits» très haut de gamme (technologie hybride, 18 bits, linéarité garantie au 1/2 LSB).

Comme on le voit, un programme ambitieux qui devrait nous occuper quelques mois (restons optimistes !) à propos duquel nous tacherons de vous tenir régulièrement informés.

LES CONVER

A. LES MULTIBITS

Toujours d'actualité puisqu'ils restent très utilisés lorsqu'il s'agit de convertisseurs haut et très haut de gamme tels que Wadia, Stax, Audio Research, VTL ou Accuphase (liste non exhaustive). La conversion s'effectue selon un principe « échelle de courant ». Chaque mot de 16 bits issu de la lecture correspond un certain nombre de valeurs échelonnées et additionnées. Ces valeurs sont des multiples de 2 et prennent comme coefficients 2^0 (1), 2^1 (2), 2^2 (4), 2^3 (8), ..., 2^{16} (32 768) auquel on pourrait ajouter les coefficients 2^{17} , 2^{18} pour un convertisseur 18 bits et 2^{19} , 2^{20} dans le cadre d'un 20 bits (soit 524 288 !). Ces rapports démesurés entre le coefficient le plus faible (le 1, soit le bit de poids faible ou LSB) et le coefficient le plus fort (32 768 pour un 16 bits, soit le bit de poids fort ou MSB) pose des problèmes au niveau fabrication du convertisseur. En effet, imaginons que le bit de poids fort soit crédité d'un coefficient de 32 769 ou 32 767 au lieu des 32 768 théoriques, cette petite erreur se répercute par une différence équivalente à 1 LSB, soit la valeur du bit de poids faible. Quand le convertisseur accuse une telle faiblesse, il est aisé de comprendre que l'on a pratiquement affaire ici à un convertisseur dont on ne peut espérer plus de 15 bits de résolution vraie ! C'est l'une des principales critiques adressées aux divers convertisseurs 18 ou 20 bits qui peuvent présenter des erreurs encore plus marquées entre le bit de poids faible et celui de poids fort. Reste que cette technologie, dont le principal contre-argument est cette fameuse non-linéarité à bas niveau et qui se traduit par de la distorsion de croisement, a aussi des montages : elle est théoriquement moins assujettie aux problèmes de « jitter » que ses homologues à « 1 bit » et ne risque pas de poser le problème de saturations typiques des procédés Noise Shaping. En effet, il est tout à fait possible de construire à l'heure actuelle des convertisseurs à échelle de courant dont la linéarité est comparable à celles des 1 bit. Cela coûte très cher et l'on comprend mieux pourquoi l'on observe aujourd'hui beaucoup de « super-convertisseurs » équipés de cette technologie. Ces circuits sont précédés de filtres numériques qui passe le suréchantillonnage à 2, 4, 8, voire 64 fois (cas extrême) la fréquence de base. Insistons sur le fait que ce suréchantillonnage ne sert uniquement qu'à déplacer les bruits de quantification très loin au-delà du spectre audible de façon à minimiser les problèmes de filtrage et de rotation de phase qui en découlent. Il ne saurait être question de reconstituer quelques informations perdues entre deux échantillons.

B. LES 1 BIT

Les convertisseurs de type 1 bit supplantent peu à peu la technologie à échelle de courant (multibit). Raisons invoquées : meilleure linéarité, absence de distorsion de croisement auxquelles l'oreille peut être très sensible. On peut aussi ajouter des coûts de revient moindres qui se répercutent lors de l'achat ! Ce n'est pas l'une de leurs moindres qualités puisque aujourd'hui on peut acquérir des lecteurs laser pour environ 2 000 francs, aux performances vraiment crédibles. Qu'ils soient de type MASH, Bitstream, PEM ou Pulse, les « 1 bit » ont tous des analogies en commun : usage d'un nombre très réduit de sources de référence afin d'éviter les erreurs de linéarité (exprimée en LSB), utilisation d'un conformateur de bruit (Noise Shaping) d'ordre deux, trois ou quatre (ils ont tous leurs avantages). Le Noise Shaping est un procédé qui permet d'obtenir à partir d'un mot de 16 bits un train d'impulsions codées à cadence élevée, dont la forme varie selon le constructeur mais conduisant de toute façon au même résultat. Quel que soit le type, ces convertisseurs requiert des systèmes d'horloge extrêmement rapides, qui incite à se prémunir

TISSEURS DE A à Z

A. LES MULTIBITS

	Nombre de bits	Echantillonneur
PC (Philips)	16	×4
Japonais (Denon, Sony, Yamaha...)	18 ou 20	×8

B. LES 1 BIT

Type/origine	Filtrage (× fréquence suréchantillon.	Accumulateur du filtre numérique	Fréquence d'horloge	Ordre Noise Shaping	Technique
MASH (Technics) MIV 6476	8	24	768	3	PWM Pulse Wave Modulation
Bitstream SAA 7350	4 ou 8	16 ou 20	256 ou 384	3	PDM Pulse Density Modul.
Pulse Density Sony	8	45	1 024	3	PLM Pulse Length Modul.
PEM DAC JVC	8	24		4	PEM Pulse Edge Modulation
S-Bit Plus Yamaha CDX-1050	8	24	348	2	PDM
Threshold C/MOD 1	8	24	768	3	PWM

C. LES HYBRIDES

	Nombre de bits traités en « 1 bit »	ordre Noise Shaping	Nombre de bits en « multibit »
Hi Dac Denon	8	1	10
Krell	8	1	10
Nad	3	1	9+4

D. DIVERS

	Suréchantillonnage	Nombre de convertisseurs par canal
Luxman Fluency DAC	1	3
Kenwood Compteur	1	2

contre les phénomènes de « jitter », principal obstacle au 1 bit. Chaque constructeur, ou presque, a su proposer diverses versions de son circuit. Globalement, on observe pourtant une constance. Une première section composée d'un filtrage numérique des plus classique et d'accumulateurs de plusieurs bits (de 16 à 45 bits : attention aux confusions, il ne s'agit pas de bits de résolution !) pour effectuer le suréchantillonnage. Suivent les étages de Noise Shaping et le convertisseur. Comme tous les systèmes de conversion multibit, il est impossible d'obtenir une résolution supérieure au format standard, soit 16 bits à 44,1 kHz de quantification, même si certains chiffres laisseraient présager le contraire. Loin d'être de la « poudre aux yeux », ces nombres de bits élevés servent à tout autre chose qu'à augmenter la résolution et ont donc un intérêt purement technologique. Le meilleur exemple existe dans le fait que la technique du Noise Shaping introduit obligatoirement des bits supplémentaires pour la conformation.

C. LES HYBRIDES

Techniques lancées pour la première fois, semble-t-il, par Nad (abandonnée depuis par ce constructeur) puis reprise par Denon sous la terminologie HiDac (gamme 91/92) et par Krell pour son convertisseur Steath. Ces convertisseurs adoptent, pour reprendre l'argumentation des constructeurs, le meilleur des deux technologies 1 bit et Multibit. Une analyse (presqu'une conclusion) un peu hâtive mais qui, pourtant, se comprend aisément. Il s'agit en fait de traiter les bits de poids faibles par un convertisseur 1 bit, là où il y a risque de non-linéarité et les bits de poids fort par un Multibit. Intérêt de ce principe, traiter seulement quelques bits (huit en général) par un convertisseur « 1 bit » permet d'utiliser simplement un « Noise Shaping » du premier ordre, car le peu d'informations numériques en entrée ne risque pas de saturer ces étages. Ainsi, la fréquence d'horloge dont le cycle n'est pas nécessairement trop élevé pose beaucoup moins de problèmes de « jitter ». Quant aux bits de poids fort, ils peuvent être traités par des convertisseurs de 8 ou 10 bits classiques, très communs et dont on maîtrise parfaitement aujourd'hui la précision. On est donc tenté de dire que l'on gagne sur tous les tableaux à la fois. Certes, cette démarche est peut-être moins élégante, moins pure, mais les quelques échantillons écoutés nous laissent présager que ces procédés ont décidément de très nombreux arguments en leur faveur.

D. DIVERS

Ce sont des convertisseurs utilisés très ponctuellement en général et qui ont incorporé des procédés tout à fait originaux. Pour son lecteur L-1000 D, Kenwood utilisait deux compteurs logiques qui recevaient entre autres l'un les 8 bits de poids faible, l'autre les 8 bits de poids fort d'un mot de 16 bits. Le premier, en fonction du codage, délivre un flot d'impulsions cadencées par une horloge, impulsions créditées d'une certaine valeur électrique. Même chose pour le second, mais cette fois-ci les impulsions reçoivent un autre coefficient électrique. Si l'on cherche vraiment une étiquette à apposer à ce convertisseur, il s'agirait certainement ici d'un « 2 bits » faisant usage de deux références. Ces deux flots d'impulsions sont ensuite dirigés vers un intégrateur (en fait un condensateur de qualité qui se charge et se décharge au rythme de l'horloge) pour délivrer le signal analogique. Cette technique réservée au très haut de gamme n'est pas réapparue depuis car fort coûteuse. Le Fluency DAC de Luxman est encore plus original. Il s'oppose complètement au théorème Shannon (qui définit toutes les lois de la conversion numérique/analogique) et remet en cause les relations normalement admises entre la fréquence d'échantillonnage et la bande passante. Le Fluency DAC n'utilise ni filtrage numérique, ni suréchantillonnage, encore moins de filtrage analogique et pourtant les signaux de type impulsif ou carré sont ceux qui s'approche au plus près de l'idéal. Schématiquement, le Fluency DAC utilise trois convertisseurs recevant des données décalées dans le temps associé à autant de compteurs très précis. Ces convertisseurs délivrent des impulsions de hauteurs variables et décalées qui vont s'additionner non pas pour former un signal en escalier mais déjà des tensions analogiques, qu'il est inutile de filtrer. Cette technique, à l'origine développée par les télécommunications, a été appliquée sur le convertisseur Luxman DA-07.

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**



L'ESTHÉTIQUE SONORE EN RADIODIFFUSION : une source de malentendus ?

Florian et Maxime Louineau

B

aucoup de mélomanes en quête d'accord parfait s'en mordent encore les doigts... De tous les maillons d'un système de reproduction un récepteur FM est sans contestation le plus délicat à «écouter» en raison du nombre et de la complexité des paramètres influant sur la qualité du son en diffusion FM stéréo.

Aussi n'est-il pas inutile de s'intéresser de plus près à l'évolution de la qualité sonore et de ses exigences en radiodiffusion. Le but de tout ceci n'étant pas de critiquer telle ou telle station de radio et sa couleur sonore mais plutôt de réfléchir un peu sur ce qui se passe actuellement. Un grand nombre d'audiophiles possèdent ou se constituent peu à peu un système d'écoute performant, l'acoustique du local

d'écoute étant de moins en moins négligée, de même que beaucoup possèdent un autoradio de qualité pour prétendre à une écoute confortable...

Et pourtant les conditions d'écoute entre un salon et un véhicule sont radicalement différentes...

Reconnaissons que nombreux sont ceux d'entre nous qui, pour un même morceau diffusé par 2 stations différentes sélectionne-

raient celle qui procurerait subjectivement une impression de puissance mais qui, une fois chez eux dans un environnement tout audiophile pourraient fort bien juger ce qui leur avait paru savoureux la demi-heure précédente comme inacceptable.

C'est que la tâche des radiodiffuseurs est souvent difficile : il leur faut satisfaire le plus de monde possible tout en se démarquant les uns des autres.

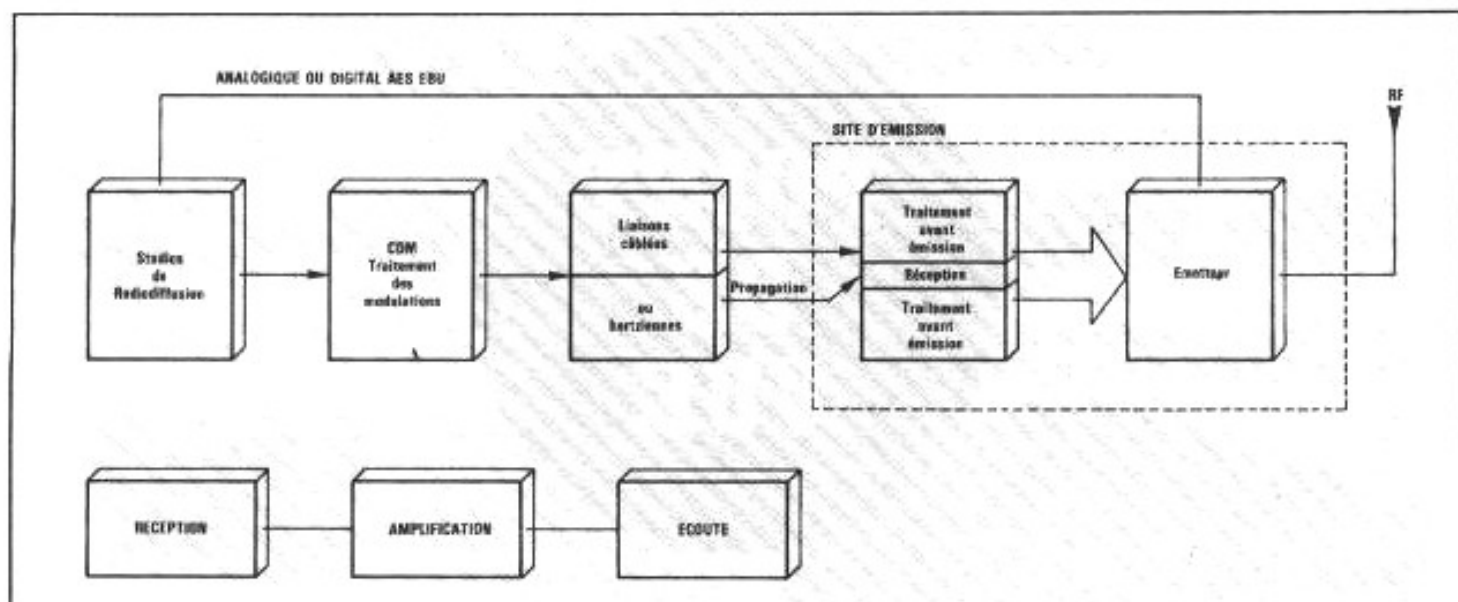


Fig. 1

Tentons donc d'y voir plus clair et de comprendre le pourquoi, sinon le comment de la diversité du paysage FM.

Cheminement du signal en radiodiffusion

Le schéma fig.1 rappelle de manière succincte la complexité du trajet emprunté par les modulations depuis le studio de radiodiffusion jusqu'au récepteur FM. Une étude exhaustive du synoptique en question serait hors de propos. Nous verrons en effet que la diversité du paysage FM est en majeure partie le résultat d'une démarche volontaire des radiodiffuseurs. En clair, on peut affirmer que le son d'une radio se fait principalement avant émetteur.

Les studios de Radiodiffusion

Sans entrer dans des considérations théoriques d'équipements il est cependant un point qui influe de manière certaine sur la qualité des annonces parlées et des voix d'animateur : il s'agit du bruit de fond du studio de radio diffusion qui est déterminant dans le choix des microphones. En effet, on parle de studio peu silencieux pour un

bruit de fond supérieur à 30 dB (le bruit de fond d'un studio dit «silencieux» se situe entre 20 et 30 dB). Les studios ne se situant pas dans cette fourchette de bruit de fond ne peuvent s'équiper valablement de microphones électrostatiques utilisés de manière rapprochée mais non en proximité. Ils utilisent alors dans la plupart des cas des microphones dynamiques hypercardioides installés à hauteur de bouche des locuteurs. Cette configuration séduisante permet de s'affranchir des problèmes de bruit de fond et de traitement acoustique mais procure invariablement une

certaine couleur aux voix parlées, couleur due aux effets de proximité.

L'augmentation du risque de plosives et de sifflantes pose en général des problèmes de traitement du signal qui ne sont pas toujours bien résolus. Dans le même ordre d'idée, une grande attention devrait être accordée à l'installation des microphones sur les tables de speak. Ainsi certaines radios adoptent le principe du double découplage : les microphones montés sur suspension ne sont pas assujettis à la table, mais au sol. Ainsi, les bruits solidiens générés par les

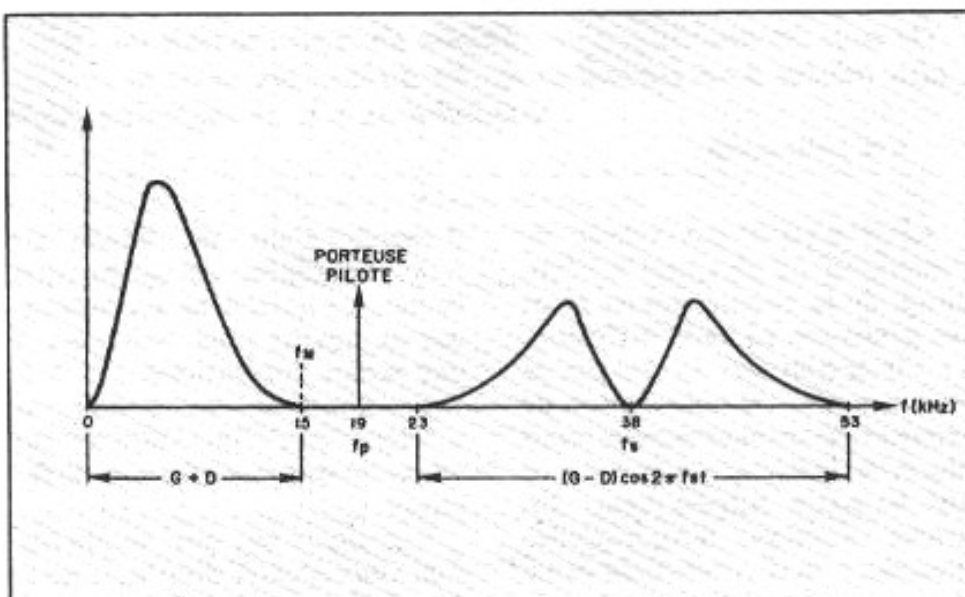


Fig. 2 : Spectre d'un message stéréophonique.

locuteurs lorsque ceux-ci entrent en contact avec la table ne produisent pas d'interférences gênantes.

La modulation FM stéréophonique

Brièvement, il s'agit d'un système dit «système à fréquence pilote». Le fonctionnement en est le suivant : le signal stéréophonique original est matricé en vue d'obtenir un signal de sommation (gauche + droite) et un signal de différence (gauche - droite). Le signal de sommation occupe une bande de 15 kHz et

le second est modulé en bande latérale double sur la fréquence de 38 kHz (fréquence de sous porteuse). Ces deux signaux modulent sur une porteuse de haute fréquence. Un signal pilote dont la fréquence est de 19 kHz est émis et sert de référence pour la démodulation du signal en bande latérale double (fig.2). Les limites intrinsèques de ce système, tant en termes de rapport signal sur bruit, réponse amplitude/fréquence, diaphonie ou même différence de phase entre canaux sont fort connues (voir fig.3). Affirmer ou non que ces spécifications sont à même de

satisfaire un public d'audiophiles est une chose délicate puisque tout dépend du niveau d'exigence de l'auditoire en question. Ce que l'on peut en revanche affirmer, c'est qu'il existe de grandes disparités de rendu sonore parmi les stations FM (disparités sur lesquelles personne ne manque de porter des jugements qualitatifs, on parle alors de disparité de qualité sonore), disparités, donc, qui trouvent en grande partie leur origine dans le traitement du signal audiofréquence (VS radiofréquence) celui-ci obéissant à des impératifs aussi bien techni-

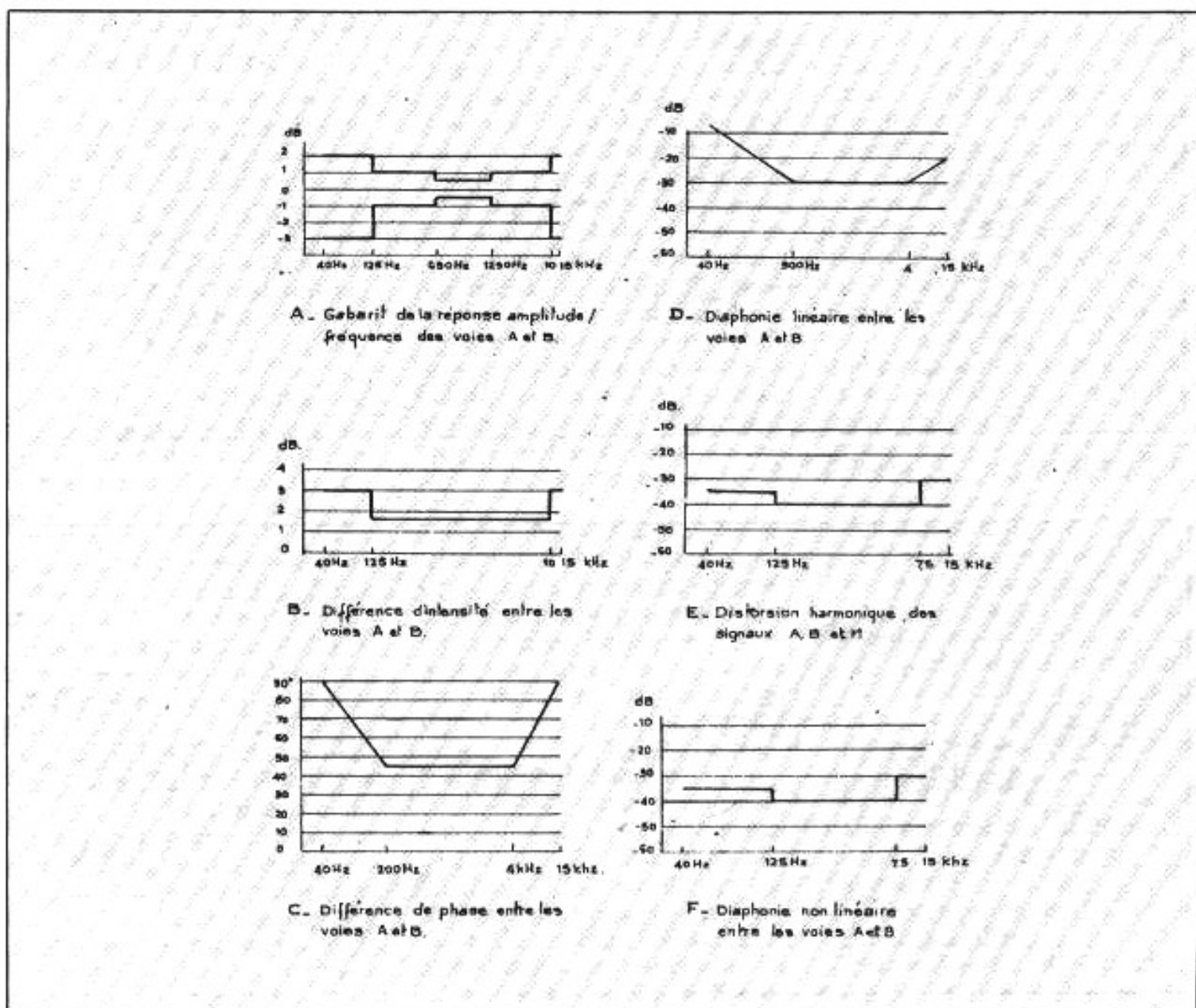
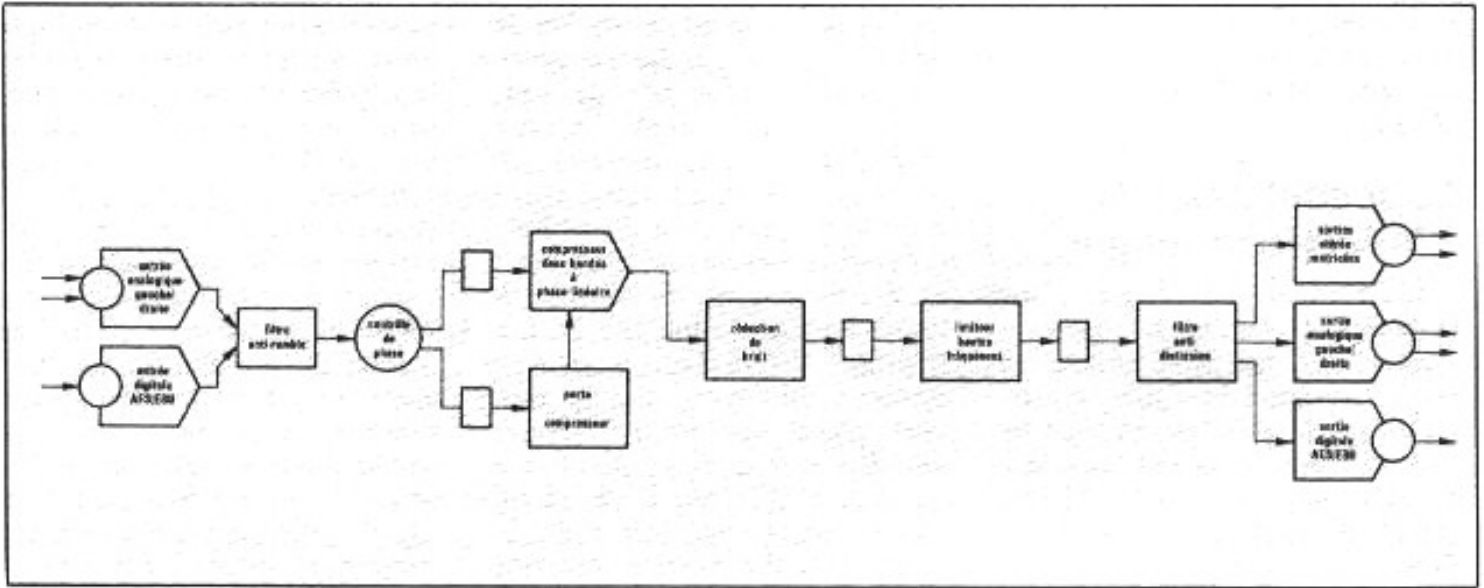
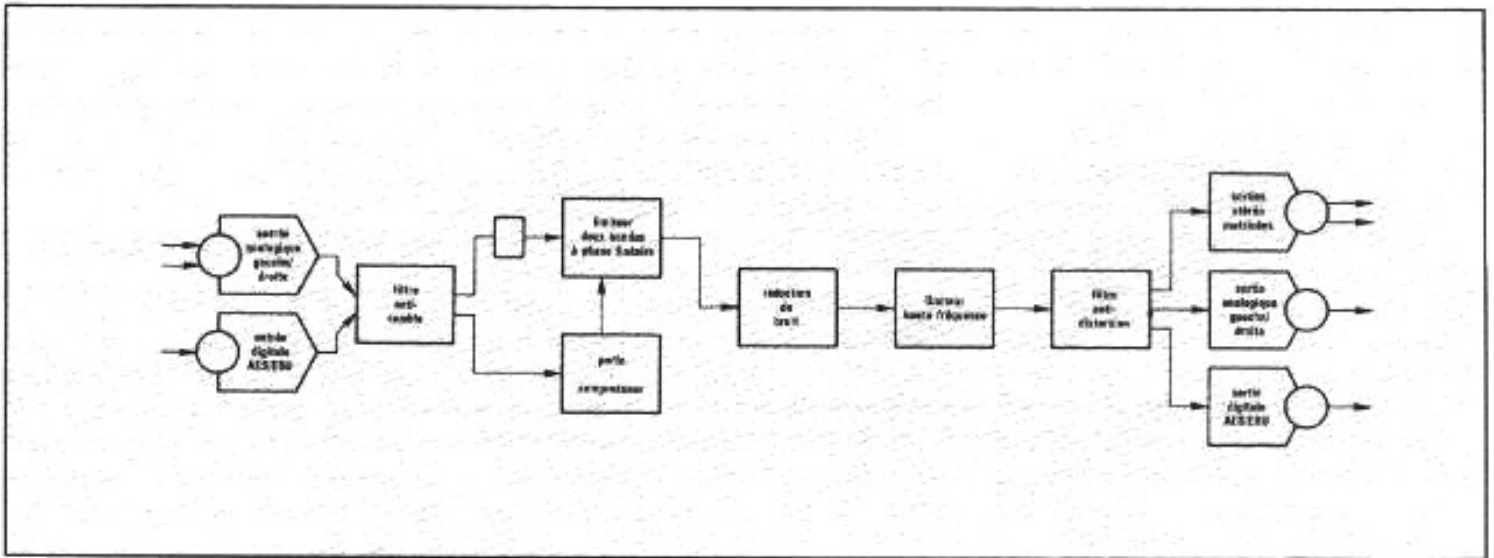


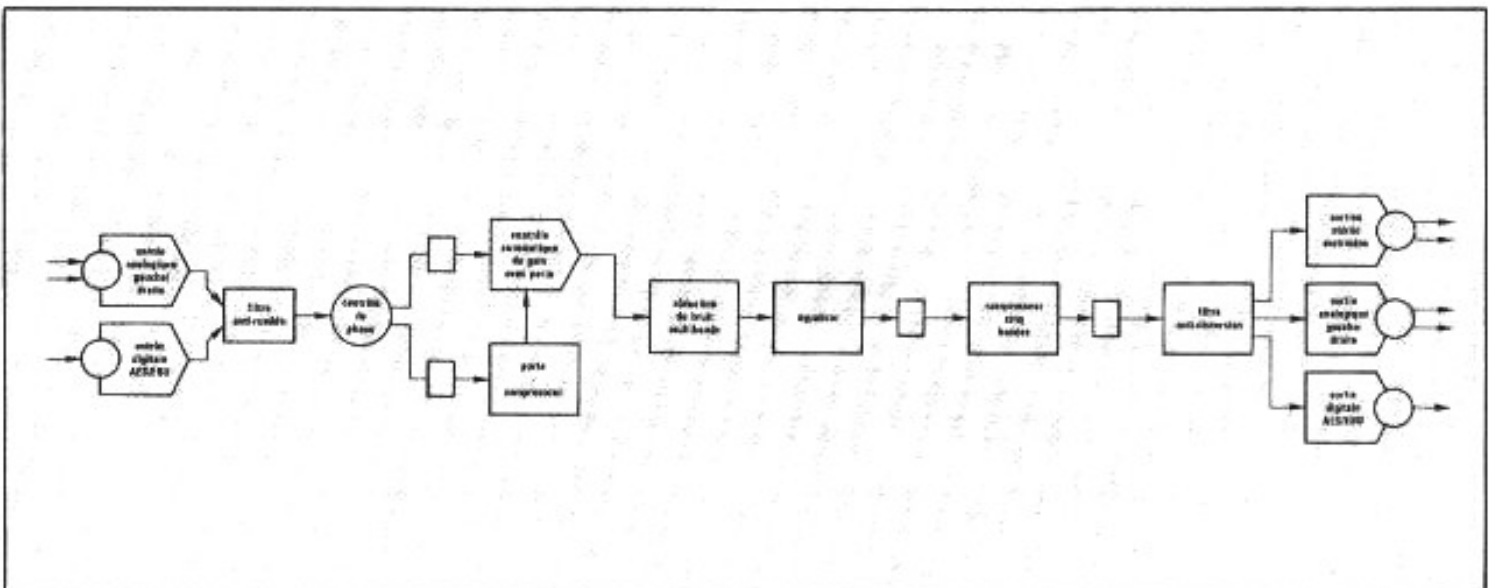
Fig. 3 : Tolérances globales pour la transmission stéréophonique.



A. Processus de traitement 2 bandes (algorithme 1).



B. Processus de protection (algorithme 2).



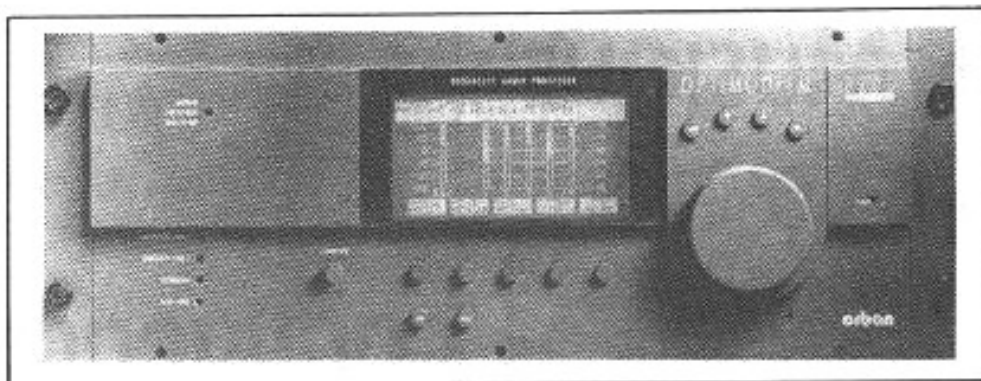
C. Processus de traitement multibandes (algorithme 3).

ques que commerciaux, il devient alors difficile de parler de qualité sonore en termes absolus. Ainsi, pour nombre de radios la volonté d'être perçus par l'auditeur comme ayant un son «fort» (critères psychoacoustiques) représente un impératif non négligeable. De même il importe pour le radiodiffuseur, et c'est légitime, de posséder une couleur propre, en quelque sorte un son immédiatement identifiable par l'auditeur. On comprendra alors aisément l'importance des corrections apportées au signal dans le contrôle de modulation (CDM). Essayons d'en donner quelques exemples.

Le traitement du signal en radiodiffusion

Les limites d'excursion du signal (nécessité d'un signal calibré arrivant aux liaisons et aux émetteurs) imposées par la radiodiffusion ainsi que l'augmentation de la plage dynamique du matériel sonore à traiter et sa disparité ont conduit les ingénieurs de radiodiffusion à adopter des compromis de plus en plus délicats.

Compresser fortement le signal permet d'émettre à un niveau élevé de modulation et d'obtenir à la réception un son perçu comme fort même en ambiance bruyante (cf. véhicule). Mais on constate alors une diminution de la plage dynamique inhérente à toute compression de signal et ses désagréments sur l'esthétique d'un programme musical. Des traitements de signaux tenant compte de la physiologie de l'oreille humaine permettent de masquer ces effets ; ces traitements complexes, traitements multibandes tant en compression qu'en limitation par exemple, permettent de respecter l'esthétique sonore (sans effet de tassement de la modulation, ni effet de pompage) tout en satisfaisant aux impératifs commerciaux de la radiodiffusion.



8200 Optimod FM limiteur compresseur numérique.

Le problème restant leur optimisation en fonction des modulations à traiter. Afin de prendre un exemple concret, examinons en détail le cas d'un processeur de signal fréquemment rencontré dans les CDM des radios FM, à savoir l'Optimod FM de la firme Orban. La dernière évolution, l'Optimod FM 8200, propose dans une même machine une palette d'algorithmes de traitement de signal autorisant au choix un traitement transparent ou vraiment audible de la modulation. Cet appareil entièrement numérique — disposant aussi d'entrées-sorties analogiques — offre à l'utilisateur une multitude de configurations liée à l'utilisation de DSP de chez Motorola. Ces DSP 56001 étant programmables et dédiés au calcul audionumérique (13.5 MIPS).

Leur nombre va de six à douze selon les configurations choisies. Le soft de ce système est contenu dans un module enfichable permettant ainsi l'évolution ou la mise en place de nouveaux algorithmes de traitement du signal. Un des problèmes majeurs en radiodiffusion étant d'adapter les paramètres de conditionnement de la modulation (niveau, densité et timbre par ex.) au matériel sonore à traiter, la possibilité d'accéder et de modifier par un port informatique et en un temps très court les algorithmes de traitement du signal offre au radiodiffuseur une gestion en temps réel de sa couleur sonore. Ainsi différentes

présélections sont disponibles, chacune adaptée à des matériaux sonores aussi divers que musique classique, jazz, variétés, annonces publicitaires, voix parlées etc... Ces présélections sont construites autour de trois algorithmes de base répondant chacun à des besoins précis (voir fig.4). L'édition possible des paramètres pour chaque algorithme de base permet des interventions très fines sur le processus de conditionnement du signal avant émission. Ce type d'équipement à l'architecture construite autour de DSP et d'un soft système préfigure ce que pourrait être la radio de demain : une station entièrement numérique où tous les traitements appliqués au signal seraient adaptés en temps réel au matériel sonore à traiter selon la programmation en cours.

Il est maintenant clair que des outils puissants existent ; les utiliser dans le respect de l'intégrité du message musical est bien évidemment possible, de même que leurs performances permettent aussi d'obtenir une couleur sonore «accrocheuse». Tout est affaire de choix... et de marché.

Bibliographie

La modulation, principes et modes : D. Bensoussan, Ed. Dunod. 1985

Electro acoustique : M. Rossi, Ed. Dunod. 1986

Stéréophonie : R. Condaminès, Ed. Masson. 1978

Documents Orban : (importateur Orban, Sté S.A.V.)

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**



LE CODAGE PASC ET LA CASSETTE DIGITALE PHILIPS

Jacky Mas



La guerre des standards audio-numériques fait rage depuis l'avènement du compact-disque. Jean Hiraga a parlé dans le dernier numéro de L'Audiophile du nouveau format proposé par Sony : le Mini-Disque. Ce dernier utilise un codage particulier (ATRAC) basé sur des principes de psychoacoustique que nous avons eu l'occasion de développer dans ces colonnes lors des quatre numéros précédents de L'Audiophile.

De son côté, Philips propose un format assurant la compatibilité avec les cassettes analogiques traditionnelles : la DCC ou Cassette Compacte Digitale. Nous vous proposons de faire plus amplement connaissance avec ce nouveau format, mais surtout avec le codage PASC (Precision Adaptive Sub-band Coding) qui caractérise la DCC.

La compatibilité

L'un des grands avantages de la DCC est effectivement sa compatibilité avec l'ancienne cassette analogique qui a connu le succès que l'on sait : il n'est plus nécessaire de renouveler complètement sa « cassetothèque ». Sur le plan matériel, la différence se situe au niveau de la protection de la cassette, où

un cache rétractable masque la bande, un peu à la manière des disquettes 3" 1/2 utilisées sur les ordinateurs. La bande est de qualité vidéo (particules de dioxyde de chrome). Un système autoreverse permet la lecture sur les deux faces sans avoir à la retourner manuellement. Attention, s'il existe bien une tête de lecture analogique, il n'y a pas d'enregistrement analogique

pour autant ! La technique en couches minces, utilisée pour l'élaboration des circuits intégrés, a permis la cohabitation sur le même support des têtes analogiques et numériques. Afin d'éviter toute confusion, la DCC a subi une petite cure d'amaigrissement par rapport à son aînée.

Les fréquences d'échantillonnage sont les classiques 32, 44,1 et 48 kHz, celles-là mêmes que

proposait déjà le DAT, avec système de correction d'erreur de type Reed-Solomon et modulation eight-to-ten avec préaccentuation optionnelle. La dynamique est annoncée comme étant supérieure à 105 dB avec une distorsion harmonique inférieure à 0,0025 %. Le pleurage et le scintillement sont non-mesurables. Le temps d'enregistrement est de 2 fois 45 minutes, mais la cassette de 2 fois 60 minutes est d'ores et déjà prévue. La largeur de bande est de 3,78 mm. Le nombre de pistes numériques est de 9 (8 audio et 1 auxiliaire). Chaque piste audio a une largeur de 185 μm , mais 70 μm suffisent à la lecture. La piste auxiliaire porte les informations de contrôle et d'affichage.

Mais le nouveau format, comme le Mini-Disque, se différencie du DAT par une compression des données et par la prise en compte de certaines propriétés de notre système auditif, en particulier **le seuil absolu d'audition et les effets de masque**. Ces propriétés permettent de définir la quantité d'informations redondantes qui pourrait facilement être éliminée sans entraîner une dégradation notable à l'écoute. C'est l'extraordinaire puissance du traitement numérique des signaux qui a permis pour la première fois d'intégrer certaines caractéristiques de l'audition à l'élaboration d'un produit audio. Cette modélisation a conduit au développement du codage PASC de la DCC.

Vous avez dit élimination ?

Les puristes vont à nouveau être horrifiés par cette nouvelle coupe sombre dans les données audio, puisque déjà avec le CD à 16 bits et 44,1 kHz, de nombreux harmoniques supérieurs ne passaient pas le cap des échantillonneurs-bloqueurs... Nombre de « Golden Ears » ont (et continuent pour certains)

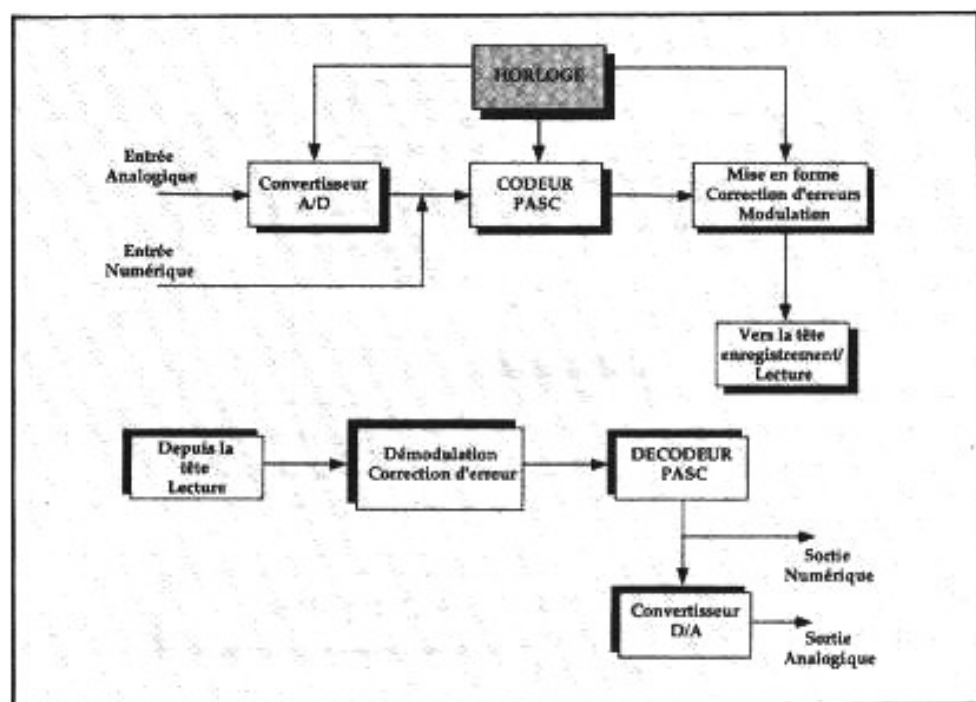


Fig 1

dénigré le CD, en regrettant le bon temps des disques analogiques où tous les harmoniques étaient bien retrouvés, et pour le même prix il n'était pas rare d'en récupérer beaucoup d'autres avec en prime certains bruits ! Eh bien cette fois, c'est pratiquement 75 % des données qui vont plus ou moins disparaître dans l'éther ! Mais avant de donner des avis autorisés sur la qualité de reproduction, il nous faudra écouter ce nouveau format et, d'ici-là, il est intéressant d'essayer d'en comprendre les principes, malgré le peu d'éléments qui ont été livrés à la presse par les concepteurs.

Le procédé de codage PASC n'est pas totalement nouveau puisqu'il est en réalité très proche du système de réduction de données utilisé en radio-émission : MUSICAM (Masking-pattern Universal Sub-band Integrated Coding And Multiplexing). Bien entendu, certaines différences existent, mais actuellement peu de documents permettent d'analyser en détail le procédé, c'est ainsi que le système permettant de réduire le nombre de bits de numérisation n'a pas encore été publié pour

des raisons commerciales évidentes. Quelques-unes des explications que nous vous proposons sont donc extrapolées et devront être sans doute revues dès que tous les « secrets de fabrication » seront dévoilés.

Pour permettre une bonne compréhension du codage, la figure 1 schématise le fonctionnement de la DCC et la place occupée par le codeur PASC. Sur la figure 2 apparaissent les différents éléments du codeur.

Le point de départ du traitement est identique à celui du DAT : le signal est numérisé selon le mode PCM. A partir de ce moment, les choses sont radicalement différentes, et les données sont filtrées numériquement et réarrangées en 32 canaux ou sous-bandes. La minimisation des problèmes de déphasage, de bruit, de distorsion et de réponse en fréquence n'est réellement possible qu'en numérique. Bien entendu, les coefficients de ces filtres numériques sont identiques en entrée (enregistrement) et en sortie (lecture). Les calculs sont effectués sur 24 bits (format obtenu après passage au travers de la batterie de 32 filtres). Ce point est fondamental pour pré-

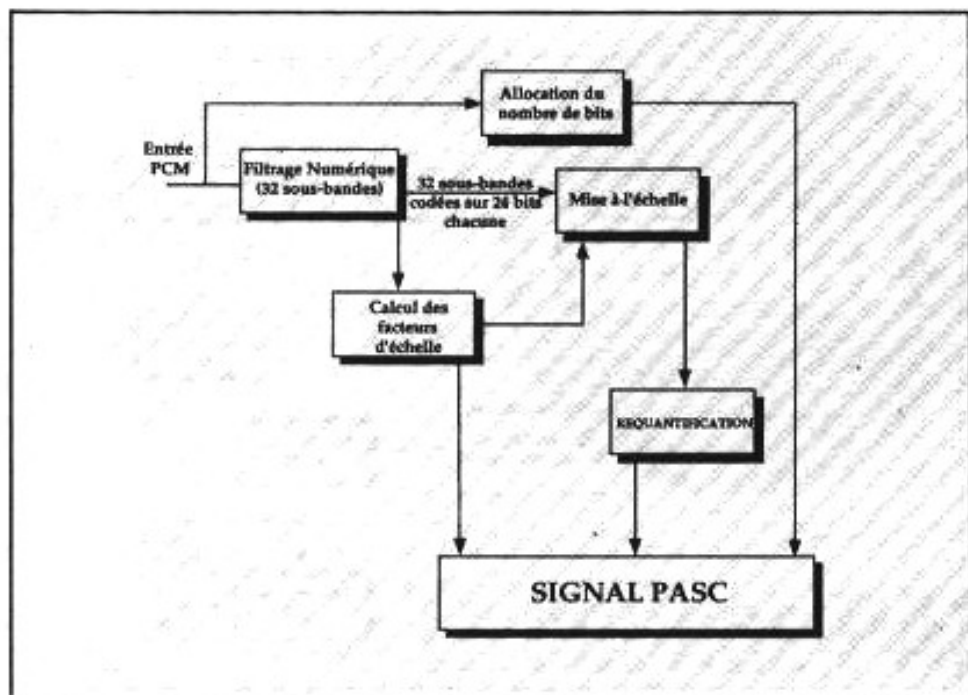


Fig 2

server la qualité de reproduction. Pour N bits, la dynamique est donnée par :

$$\text{Dynamique (dB)} = 6,02 \times N + 1,76$$

elle atteint donc 146 dB lorsque la précision des calculs est sur 24 bits. Comme il est possible d'utiliser trois fréquences d'échantillonnage, les sous-bandes générées lors de cette première étape n'ont pas la même « largeur ». Le théorème de Shannon stipule que la fréquence maximum reproductible est égale à la moitié de la fréquence d'échantillonnage du signal. Par conséquent, la largeur des sous-bandes est égale à cette fréquence maximale divisée par 32. Par exemple, à 44,1 kHz la largeur de chaque bande est d'environ 690 Hz. Remarquons qu'il ne s'est produit, pour le moment, aucune perte d'information : seule la représentation du signal est un peu plus complexe cette fois.

La compression des données

C'est à partir de cette étape que les puristes vont probable-

ment manifester quelques réserves, car le PASC va délibérément éliminer des données et faire appel à certaines des propriétés de l'oreille que nous avons eu l'occasion de rappeler dans la série d'articles sur l'audition parus dans L'Audiophile (n^{os} 14 à 17).

Les 32 sous-bandes, codées sur 24 bits chacune, vont être requantifiées cette fois en ne gardant qu'une partie des 24 bits de départ, en pratique entre 15 et... 0 bits ! Les bits non-utilisés par une sous-bande sont réutilisés par d'autres sous-bandes pour optimiser la qualité du codage. De plus, chaque sous-bande ainsi requantifiée va être pondérée par un facteur d'échelle obtenu en fonction du maximum de chaque sous-bande (maximum calculé sur une moyenne d'une douzaine d'échantillons de sous-bandes de même rang). Les informations codées dans toutes les sous-bandes sont secondairement multiplexées sur 8 canaux avec incorporation des codes correcteurs d'erreur. Le signal est ensuite modulé (8-10 ETM) afin d'optimiser l'encombrement des données sur la bande.

Après un tel traitement, il est

clair que nous allons assister à une amplification du bruit et de la distorsion du signal ainsi réduit. En réalité, chaque sous-bande n'est pas requantifiée de la même manière que ses voisines. La requantification n'intervient pas en pratique lorsque les signaux de la sous-bande sont au-dessous de la limite d'audition : dans ce cas, il n'y a aucune allocation de bits pour cette sous-bande (voilà le « 0 bit » dont nous parlions plus haut). Par contre, lorsque les bandes contiennent de l'information audible et non-masquée, le nombre de bits alloués reste important. L'ajustement du nombre de bits doit être tel que le débit audio reste constant à 384 kbits/s (en pratique, probablement le double du fait des systèmes de correction d'erreurs et d'autres informations contenues dans le faisceau). Ce débit est à comparer aux 1,5 kbits/s du DAT. C'est la manière d'allouer le nombre de bits à chaque sous-bande qui est actuellement non-divulguée, car la qualité de reproduction est, bien entendu, en très grande partie liée à cette méthode d'allocation.

En résumé, tout signal dont l'amplitude est inférieure au seuil d'audition donné par la courbe de Fletcher et Munson (figure 3) n'est pas codé. De plus, un son intense de fréquence donnée produit un effet de masque sur des sons plus faibles dont les fréquences sont proches du son intense et, par conséquent, certains niveaux ne seront pas perceptibles et de ce fait n'auront pas à être codés non plus.

Un peu de traitement du signal

Pour comprendre le détail du PASC il est plus simple de raisonner dans l'espace des fréquences. En effet, la représentation fréquentielle numérique permet de repérer l'importance rela-

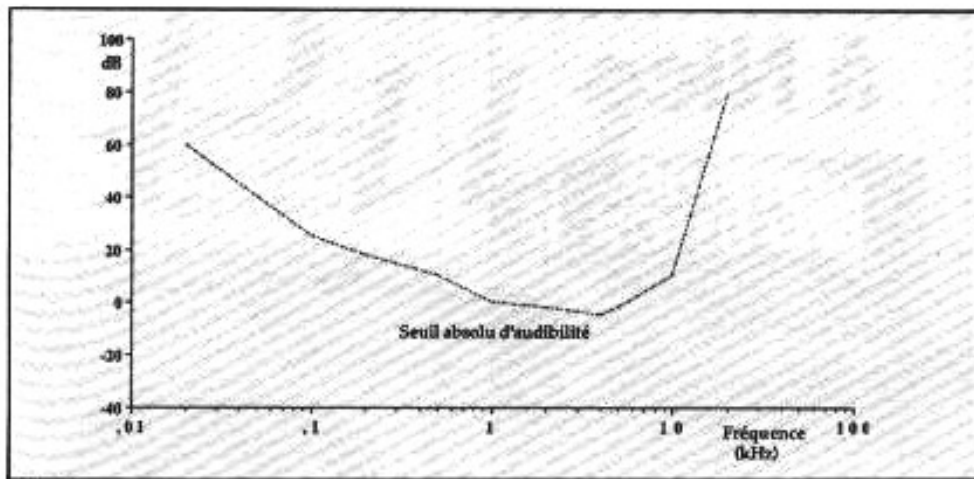


Fig 3

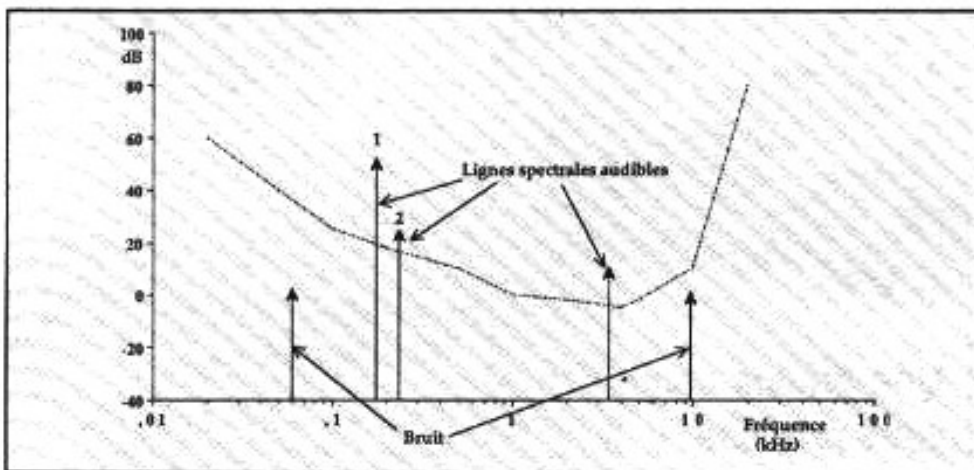


Fig 4

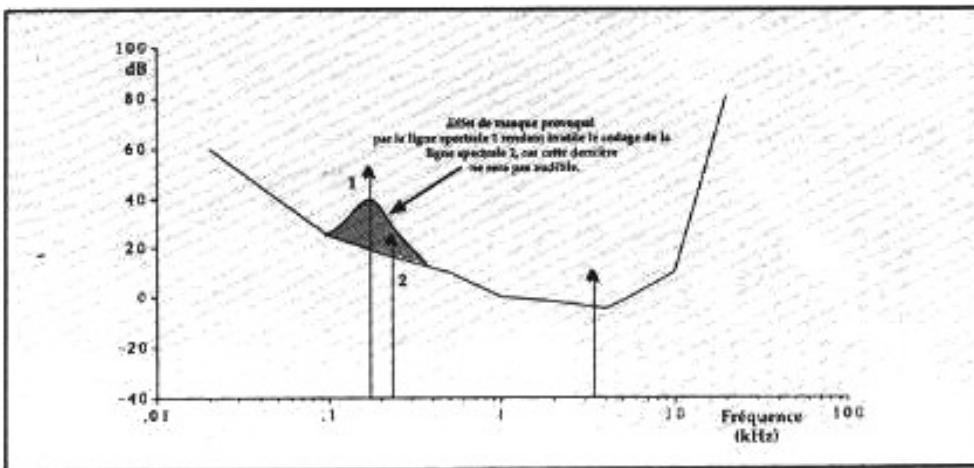


Fig 5

tive des fréquences. La technique permettant cette représentation spectrale est la **Transformée de Fourier**. Il est équivalent de représenter un signal dans l'espace direct (Amplitude en fonction du temps) ou dans l'espace réciproque des fréquences (Amplitude en fonction de la fréquence). Il existe des algorithmes accélérant les calculs nécessaires pour la réalisation de cette opération : on les regroupe sous

l'appellation **Transformation de Fourier Rapide** ou TFR (ou encore FFT pour la Fast Fourier Transform des Anglo-Saxons). Il est possible de programmer efficacement une telle opération sur un ordinateur et il est apparu depuis quelques années des « puces » qui présentent le câblage adéquat pour accélérer encore davantage les calculs de cette TFR.

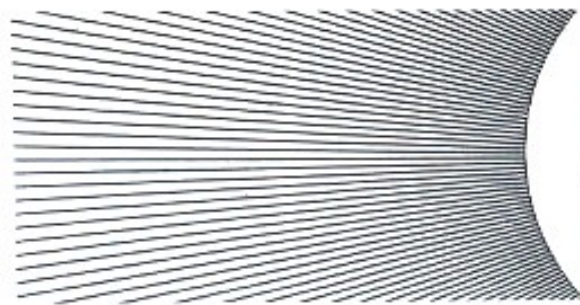
Une fois obtenue la représen-

tation fréquentielle du signal, il est alors possible de sélectionner certaines fréquences, par exemple celles qui ont l'amplitude la plus grande dans chaque sous-bande de fréquences (figure 4). Lorsque plusieurs fréquences d'un niveau plus faible sont également présentes, soit elles sont au-dessous du seuil absolu d'audibilité, soit elles seront masquées à l'écoute par la fréquence la plus intense de la sous-bande, soit, enfin, elles correspondent à du bruit : le PASC élimine purement et simplement ces lignes spectrales (figure 5). Un processus itératif permet ensuite d'optimiser le nombre de bits alloués à chaque sous-bande pour que le bruit généré par l'élimination de données reste inaudible (masqué par les lignes spectrales conservées). Cette optimisation doit conduire à une expansion telle que le nombre de bits n'excède pas la limite des 384 kbits/s dont nous avons parlé plus haut.

Il est encore trop tôt pour évoquer la qualité de reproduction de la DCC. Il est probable qu'elle présentera, au moins à ses débuts, quelques pêchés de jeunesse, mais rappelez-vous la qualité sonore des premiers lecteurs CD... Ce qui est remarquable, c'est l'arrivée d'une certaine forme d'intelligence artificielle dans le domaine de l'audio. En effet, pour la première fois, un appareil audio intègre des paramètres physiologiques. Bien sûr, seules quelques-unes des caractéristiques sont prises en compte, mais on se prend dès lors à rêver : ne verra-t-on pas très bientôt des systèmes qui adapteront leur reproduction en fonction de bien plus de paramètres ? A quand la détection en temps réel des effets de masque à l'intérieur du local d'écoute ou la mesure permanente de la réponse impulsionnelle dans ce local d'écoute avec déconvolution au vol avant reproduction ?...

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**



QU



Lecteur CD Woodside WS2

Au cours des années 70, plusieurs spécialistes de la table de lecture, principalement britanniques, ont réussi à prouver que des améliorations concernant la suspension, le découplage mécanique, la tolérance de fabrication ou « des détails » comme la nature de la courroie d'entraînement pouvaient améliorer la qualité sonore dans des proportions considérables,

sans produire toutefois d'amélioration vraiment sensible du côté des mesures. Les mêmes paradoxes existent aussi pour les lecteurs CD, le résultat d'écoute permettant seul de trancher et d'aller bien au-delà de spécifications qui, figées par les normes, ne permettent plus de croire que « tous les lecteurs CD ont le même son ». Le lecteur CD Woodside WS2 hérite du long savoir-faire d'une firme qui l'on connaissait autrefois sous le nom de Radford, ce grand spécialiste des électroniques à tubes que l'on voit renaître aujourd'hui sous des références telles que Woodside MA 50 ou STA 35. Lui-même dérivé du WS-1 qui avait obtenu une excellente critique de la part de la presse spécialisée britannique, le WS-2 offre une transcription particulièrement vivante des sons, de la musique. Grâce aux nombreuses alimentations régulées, on appréciera la souplesse des rythmes, le soutien et l'ampleur des masses orchestrales, également de la restitution fidèle des ambiances contenues dans chaque prise de son. On appréciera le Woodside WS-2 pour la clarté, la vitalité, la chaleur et la délicatesse avec lesquelles les voix sont transcrites, ceci au point de remettre en question de nouveaux types de convertisseurs N/A à la mode, mais pas toujours parfaitement maîtrisés sur le plan de l'esthétique sonore. Rien ne vaut un test dans les conditions habituelles d'écoute, avec des disques que l'on connaît bien. Il ne fait aucun doute alors que le Woodside WS-2 saura séduire et démontrer qu'il a su extraire la quintessence de la base Philips dont il est issu.

Electroniques à tubes Caso

La société Caso est spécialisée dans l'électronique embarquée à bord des avions. Fort de cette expérience, elle a diversifié ses activités en créant un département audio. Celui-ci réalise toute une gamme d'électroniques à tubes extrêmement musicales de construction sans compromis, réalisées selon les normes traditionnelles. Ainsi le préamplificateur PA1 peut traiter toutes les sources haut niveau ou bas niveau (section phono remarquable) et reprend le principe du montage de type SRPP à partir d'une double triode avec en sortie une EL 84 pour avoir une impédance basse. L'alimentation très soignée fait appel à des valves de redressement au lieu de diodes, cela pour éviter les pics de commutation toujours préjudiciables à l'écoute. L'amplificateur S80 stéréophonique de 2 x 100 W fait appel à un double push-pull de KT 88 monté en pseudo-triode et polarisé au travers d'une prise écran sur le transformateur de sortie. Celui-ci a fait l'objet d'une fabrication spéciale afin d'obtenir une large bande passante et une grande capacité dynamique. A l'écoute, cet ensemble possède un caractère vivant, alerte, ultra-rapide sur les transitoires mais avec une tenue dans le grave et l'extrême-grave étonnante pour une électronique à tubes. La perspective sonore procurée par ces électroniques est extraordinaire, toute l'ambiance est restituée à un juste niveau. Le caractère chantant, le pouvoir expressif, l'absence de colorations dans le haut-médium aigu procurent des moments d'écoute intenses où la beauté des timbres est une permanence. Une mention toute particulière est à attribuer au préamplificateur, silencieux et de très grande capacité dynamique. A signaler qu'il existe aussi un autre préamplificateur, PA2, qui diffère du PA1 par l'absence de section phono. Il sera donc plus destiné aux amateurs de CD, mais ses qualités musicales sont identiques. La qualité de fabrication, digne des équipements professionnels de ces électroniques à tubes, leur confère une fiabilité qui ne doit pas être prise en défaut.



1 D



Commodore CD 1000

Sous l'aspect d'un lecteur CD conventionnel proposé à un prix inférieur à 7 000 F seulement, le Commodore CD 1000 ouvre les portes à de très étonnantes applications. C'est un lecteur de disques CDTV, de disques CD-ROM dont la capacité mémoire atteint quelque 540 mégaoctets, soit 700 disquettes ou 270 000 pages ! Compatible, il assure la lecture des disques CD audio courants, mais aussi des disques CD + G (CD + graphiques). Dans le format CDTV, il permet de voyager au travers de bases de données, de programmes éducatifs sans aucune procédure informatique, associant son audionumérique stéréo, image couleur, graphiques, le tout avec possibilité interactive. De nombreux périphériques peuvent s'y associer comme le clavier, la souris, l'imprimante, le lecteur de disquettes, l'extension mémoire RAM ou le modem, en transformant en quelque sorte le CD 1000 en micro-ordinateur Amiga 500 évolué. Beaucoup moins onéreux que des produits concurrents comme le DVI, les disques CDTV sont proposés dans 900 points de vente à un prix voisin de 300 F. Parmi de nombreux titres disponibles, le code de la route, des encyclopédies, les œuvres complètes illustrées de Shakespeare (un seul disque !), des atlas, des disques de musique CD + G (musique + clips vidéo) dont la liste ne cesse de s'allonger et que l'on peut consulter sur le minitel, 3614 code Commodore. D'autres extensions sont prévues, comme celle qui permettra bientôt de visualiser les disques CD Photo de Kodak. Pour le prix du lecteur CD, pourquoi ne pas s'offrir un lecteur multimédias réunissant son, image et texte ?

Enregistreur DAT Pioneer D-500

L'enregistreur DAT Pioneer D-500 est pourvu d'un tout nouveau convertisseur analogique/numérique et numérique/analogique de type 1 bit de très haute performance. Avec ce type de convertisseur, il faut une horloge extrêmement stable au niveau de la base de temps. Pour ce faire, sur le D-500, cette horloge est alimentée indépendamment des circuits analogiques et numériques. Le rapport signal/bruit est très nettement amélioré et les phénomènes de jitter sont reculés. Ainsi la restitution est à la fois riche, exempte de distorsions dans l'aigu, juste en hauteur de timbre et ne fluctue pas en fonction de la sollicitation d'un canal par rapport à l'autre. La section mécanique, primordiale sur un enregistreur DAT, a fait l'objet d'un soin tout particulier. Ainsi, le tambour de tête (AT, All Track) est usiné avec précision pour obtenir un contact étroit avec la bande afin de diminuer les risques d'erreurs et d'augmenter le niveau de sortie. De même le système de chargement de la cassette dispose de patins en caoutchouc pour absorber les vibrations mécaniques. Le châssis et les support, de structure alvéolaire, participent eux aussi à la chasse aux résonances parasites. Naturellement ce DAT dispose de toutes les fonctions de recherche à grande vitesse (300 fois la vitesse nominale ou 600 fois si la vitesse d'enregistrement est de longue durée) il permet de localiser ou d'accéder pratiquement immédiatement à un enregistrement. Une table des matières permet de gérer toutes les informations contenues sur la bande et d'utiliser ce DAT de la même manière qu'un lecteur de compact disques. En mode Long Playing, on peut doubler la quantité d'informations que peut contenir une cassette.



**Page non
disponible**

16

SOURCES AUDIO

Les sources, en l'espace de dix ans, ont beaucoup évolué. Le numérique est venu au début des années 80 jeté de nouvelles bases en matière de performances, pour petit à petit s'imposer par rapport à l'analogique.

Mais le numérique lui aussi a beaucoup évolué, pendant ces dernières années, vers une musicalité plus évidente, plus naturelle.

Les convertisseurs de tout type ont fleuri, tous tendant vers la fameuse musicalité de l'analogique qui est restée, sur de nombreux plans, un point de référence.

Avec le CD, il ne faut pas oublier non plus l'arrivée du DAT, ces enregistreurs audio-numériques dont les performances sont proches de celles des machines de studio avec une facilité d'utilisation peu commune.

D'autres sources numériques sont en vue telles que la cassette DCC, le Mini-Disque, les tuners numériques.

Autant de sources complémentaires aux systèmes haute-fidélité qui ouvrent des horizons nouveaux prouvant un dynamisme extraordinaire des laboratoires de recherche, toujours en quête d'une certaine perfection sonore, sans perdre de vue une souplesse d'utilisation peu commune.

ARCAM

ARCAM DELTA 70.3

Le constructeur Arcam a construit et conçu le lecteur CD Delta 70.3 dans sa totalité. Il a même acquis une licence entièrement indépendante pour la fabrication de ce lecteur. Cette démarche courageuse qui demande énormément d'investissements tranche sur celle de nombreux autres constructeurs qui se contentent de modifier, souvent très légèrement, des appareils fabriqués industriellement par d'autres compagnies. Le 70.3 utilise une mécanique éprouvée, très fiable avec bloc de lecture à faisceau laser unique et moteur d'entraînement sans balai au temps de réaction ultra-court. L'ensemble est mécaniquement découplé pour éviter tout risque de transmission de vibrations parasites. L'alimentation s'effectue à partir de deux transformateurs distincts, l'un pour les étages de sortie analogique de type à couplage direct sans capacité de liaison qui pourrait modifier la qualité d'écoute et l'autre pour les convertisseurs numérique/analogique de la dernière génération de type Bitstream de qualité audiophile (SAA 7350). Arcam



ne s'est pas contenté d'adapter n'importe quel convertisseur « 1 bit » à une conception de circuit déjà existante. Un convertisseur « 1 bit » dans une configuration simple ne donne pas des résultats extraordinaires aux mesures en matière de bruit de fond et de distorsion, en particulier à faible niveau. Or, le convertisseur 7350 est utilisé en mode entièrement différentiel. La mise en place des divers circuits en corrélation avec de nombreuses écoutes à l'appui a duré près d'un an ! Pour ces raisons, concrètement, l'écoute du Delta 70.3 apporte encore plus de satisfaction que celle du Delta 70.2, pourtant déjà considéré comme une référence et utilisant un convertisseur 16 bits. A ce sujet, intelligemment, Arcam propose une mise à jour des lecteurs CD Delta 70.2 afin qu'ils aient les mêmes spécifications que les 70.3. Parmi les facilités d'exploitation de ce lecteur, on peut signaler l'accès direct à n'importe quelle plage par l'intermédiaire d'un clavier numérique, la mise en mémoire de 20 plages différentes, la recherche rapide à trois vitesses, l'afficheur à 8 digits dont l'intensité peut être réduite. L'écoute, remarquable de naturel et de fluidité, possède ce sens peu commun de non-dissociation de l'information musicale du contexte acoustique du lieu d'enregistrement avec une lisibilité extraordinaire même sur les grandes formations et une absence totale d'agressivité dans l'aigu.

Prix indicatif : 9 650 F

CEC

CEC 480 CD

C.E.C. propose toute une gamme de lecteurs CD dont le rapport agrément d'écoute/prix est pratiquement imbattable. Ces lecteurs CD sont construits de manière robuste en évitant toute complexité qui n'apportent rien à l'écoute. Le 480 CD répond parfaitement à l'attente de tous ceux qui désirent une platine CD hautement musicale pour un prix inférieur à 1 300 F. Ses qualités sont étonnantes par rapport à ses concurrents. En effet, il ne tombe jamais dans la vulgarité d'un aigu ferraillant et peu distingué, voire agressif, mais au contraire il sait se montrer très souple dans sa transcription avec une grande richesse même dans les harmoniques supérieurs. Ainsi sur les voix féminines qui ont toujours tendance à chuintier sur les fins de syllabe, le 480 CD conserve distinction et absence de sonorités de « tête ». De même sur les voix masculines, on retrouve un caractère chaleureux, humain qui fait que l'on croit en la transcription et que l'on oublie tout caractère électronique. De même, à la manière des lecteurs CD sans compromis, le 480



CD respecte le suivi rythmique avec une excellente notion d'enchaînement entre les notes qui ne paraissent pas hâchées. Le respect correct de la phase dans l'aigu joue un rôle non négligeable dans la stabilité des plans sonores mais aussi le respect de l'environnement acoustique du lieu de prise de son. Les dimensions de la scène sonore ne paraissent jamais étriquées ou sortir par une porte étroite, mais s'étalent majestueusement. Même sur des grandes formations où la confusion est totale avec la plupart des lecteurs de cette catégorie de prix, le 480 CD conserve une analyse correcte avec un sentiment d'aération permanent. Ce lecteur fait appel à un excellent convertisseur 16 bits d'origine Yamaha précédé d'un filtre numérique à double suréchantillonnage. Par ce dernier procédé, le système d'horloge travaille sur une fréquence relativement basse évitant nombre de problèmes rencontrés avec celle travaillant à haute fréquence entraînant des phénomènes de jitter dans les mêmes proportions. La section mécanique, très robuste, adopte un bloc de lecture très bien guidé radialement avec de très bonnes réactions pour les corrections. Le 480 CD est à conseiller sans réserve pour les amateurs qui s'intéressent réellement à la musique.

Prix indicatif : 1 250 F

Distributeur : **PERFORM HIFI** 27, rue Louis Blanc, 95100 Argenteuil - Tél. : 42.52.77.37

DENON

DENON DCD 3500 RG

Pour fêter avec éclat son quatre-vingtième anniversaire, Denon vient de commercialiser une série de matériels sans compromis sous le nom de Gold Reference. Le lecteur CD DCD 3500 RG qui fait partie de cette série renferme la technologie la plus avancée de ce constructeur en matière de conversion avec le principe 20 bits Lambda Super-Linéaire, de section mécanique de précision avec un temps d'accès encore inégalé à ce jour, de qualité de fabrication au-dessus des standards les plus hauts. Ce superbe lecteur traduit avec beaucoup de précision toute l'émotion d'une interprétation ainsi que la beauté des timbres les plus complexes. Son principe de conversion est particulièrement efficace sur les signaux de très faible amplitude qui, souvent, sont noyés dans du bruit de fond ou ne sont plus analysés par les convertisseurs conventionnels. Il en découle une fluidité, une souplesse de restitution encore inconnues maintenant avec, de surcroît, une notion



d'ambiance sonore toujours présente et changeante en fonction des prises de son. La perspective sonore est maintenue quelles que soient les circonstances et colle parfaitement aux désirs des preneurs de son. Le DCD 3500 RG fait appel à une construction de type double châssis avec une première structure dans un matériau totalement inerte, dit BMC, qui supporte une contre-platine sur laquelle vient se greffer la section mécanique de lecture. Celle-ci fait appel à un moteur linéaire pour un accès ultra-rapide et une grande précision de lecture. Dans le but de séparer totalement les sections numérique et analogique, les alimentations sont distinctes à partir de deux transformateurs. Les circuits imprimés des sections numérique et analogique sont aussi indépendants pour éliminer tout risque d'interférence. De même, les circuits analogiques des canaux droit et gauche sont distincts. Tout a été pensé pour reculer au maximum les risques de dégradation aussi bien sur les signaux numériques que ceux analogiques.

Prix indicatif : 27 000 F

DENON France 3, boulevard Ney, 75018 Paris - Tél. : 40.35.14.14

E.A.D.

E.A.D. DSP 7000

La firme américaine Enlightened Audio Designs vient de réaliser un convertisseur indépendant, le DSP-7000, qui risque fort de faire parler beaucoup de lui. En effet, ce convertisseur numérique/analogique procure à l'écoute une restitution musicale avec des contrastes sonores encore jamais rencontrés à ce jour. La capacité dynamique fulgurante de ce convertisseur dépasse à peu près tout ce que nous avons pu entendre à ce jour. La musique « reprend vie » avec une notion du phrasé musical extraordinaire. Même les cellules à bobine mobile dans le domaine analogique, telle l'EMT, sont dépassées du point de vue capacité dynamique dans le grave et extrême différenciation des niveaux dans l'aigu. De plus, ce convertisseur paraît assez insensible au lecteur qui est utilisé avec lui. Nous n'avons pas rencontré de phénomènes de distorsions de jitter, son système d'horloge à rebouclage intégré évite tous ces types de problèmes. La finition de la façade avant plaquée or, est à la hauteur de la sophistication des circuits utilisés. La configuration spécifique à ce constructeur des circuits du nom de « AccuLinear » utilise l'association de composants discrets avec un seul circuit intégré pour obtenir à la fois une très grande vitesse dans le traitement des informations et un maximum de précision. Cela a permis de



réduire considérablement certaines formes de distorsions transitoires, particulièrement critiques dans l'étage de conversion courant/tension. Cela se traduit à l'écoute par une absence de dureté ou de flou dans les fréquences élevées. Ce convertisseur dispose d'un circuit 20 bits DAC sélectionné procurant une exceptionnelle linéarité à bas niveau avec une extension de la gamme dynamique et des taux de distorsion et un niveau de bruit inférieurs à -96 dB. Le suréchantillonnage peut être sélectionné à 4 ou 8 fois la fréquence. Pour ce faire, un filtre numérique de très haute puissance a été réalisé assurant une réjection de 100 dB en dehors de la bande passante avec un minimum de rotation de phase. Un circuit d'horloge très sophistiqué a permis de réduire les phénomènes de jitter, cela aussi bien pour les entrées coaxiales qu'optiques. Grâce à ce circuit d'horloge ainsi qu'à celui d'entrée de hautes performances de type C-MOS, ce convertisseur est insensible à la nature du lecteur CD. Sa fabrication de type modulaire permettra une remise à jour suivant l'évolution des techniques numériques sans aucun problème. Il dispose aussi d'un inverseur de phase absolu qui agit dans le domaine numérique. En option, il existe aussi des sorties symétriques commutables ainsi qu'une interface par fibre optique (AT et T).

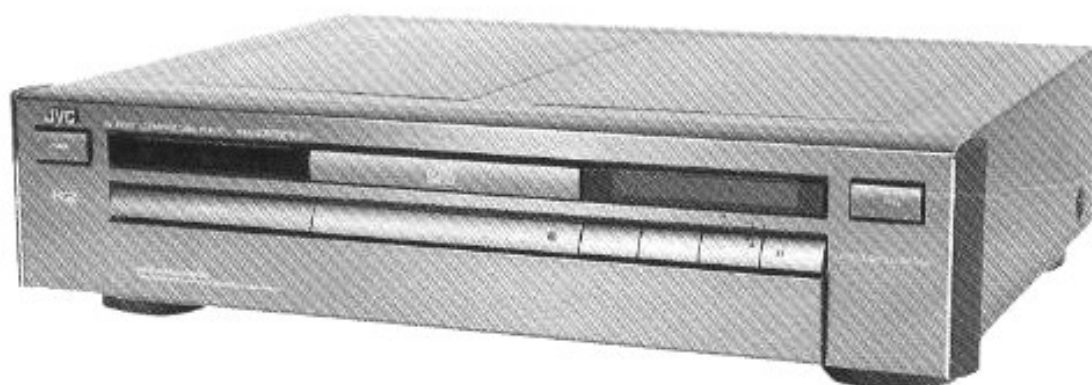
Prix indicatif : 15 850 F

Importateur : C2R 6, rue Poirier-de-Narçay, 75014 Paris - Tél. : 45.39.44.89

JVC

JVC XLZ-1050TN

JVC, avec le lecteur XL-Z1050, a concentré tous ses efforts pour obtenir une lecture numérique et une conversion très précise sans les problèmes classiques de distorsion qui remonte aux faibles niveaux. Cet imposant lecteur, à mécanique centrale afin qu'elle ne soit pas perturbée par certains phénomènes de résonances parasites, dispose des systèmes interface K2 qui assurent une parfaite mise en forme des signaux numériques juste après la lecture pour éliminer tout phénomène de jitter. Le principe du convertisseur utilisé sur ce lecteur, dit P.E.M.D.D., reprend la technique de conversion 1 bit mais avec un circuit de mise en forme du bruit qui entraîne ni instabilité ni saturation. Ce principe assure une meilleure précision dans l'analyse des petits signaux tout en les dégageant du bruit de fond parasite. Cette technologie est très efficace, on s'en rend compte aisément sur certains disques tests enregistrés à des niveaux aussi bas que -60 dB, où cependant, avec le JVC, le signal musical reste parfaitement intelligible avec une excellente notion de rythme



et sans phénomène de pulsation du bruit de fond. On ne constate pas non plus d'instabilité dans l'image stéréo, toujours en fonction de l'amplitude du signal, d'un canal par rapport à l'autre. Le parfait respect de la phase jusque dans les fréquences très élevées procure une focalisation très précise de chaque interprète dans l'espace stéréo. Ce nouveau convertisseur, réalisé par JVC, apporte concrètement une réponse à tous les problèmes de bruit de fond parasite, manque de netteté dans l'aigu, instabilité de l'image stéréo. Les ingénieurs de JVC ont aussi peaufiné le système de lecture de type à trois faisceaux avec un tout nouveau mécanisme d'asservissement qui autorise un guidage précis et ultra-rapide même si le disque CD est sale ou rayé. Tout le système de lecture est suspendu en trois points afin de ne pas être influencé par les vibrations extérieures. Il dispose d'un palet presseur très large pour stabiliser les disques en cours de rotation afin que le système de focalisation puisse travailler dans des conditions idéales. Il offre de multiples possibilités d'exploitation avec la mise en mémoire de 32 plages, balayage automatique, répétition. Il dispose de sorties numériques sur fiches optiques et coaxiales ainsi que de deux sorties analogiques, l'une fixe et l'autre variable. Un superbe lecteur qui démontre l'avance technologie de JVC dans le domaine numérique.

Prix indicatif : 5 990 F

JVC France Z.I. de Gonesse, 2, rue Ampère, 95500 Gonesse - Tél. : 39.87.36.00

KRELL

KRELL STEALTH

Ce convertisseur numérique/analogique de très haut de gamme fait appel à un procédé de conversion mixte ou hybride qui combine les techniques « 1 bit » et multibit pour obtenir la meilleure résolution possible, un minimum de distorsion à très faible niveau, et une capacité dynamique encore inconnue à ce jour. Ainsi, les 8 bits de poids faible LSB sont traités par la section 1 bit du convertisseur, les 10 autres bits de poids supérieur sont traités par le procédé classique (Ladder DAC Process). Pour cette dernière section il a été fait appel à des résistances très précises pour servir de référence parfaitement stable, impossibles à obtenir même avec une horloge de fréquence très élevée. Cette même section ne travaille qu'à 8 fois la fréquence d'échantillonnage. Toute la section analogique qui couvre plus des deux tiers du circuit est réalisée en composants discrets avec un très grand soin dans le choix des composants passifs, résistances de haute précision ayant des performances subjectives imbattables. Ce convertisseur



dispose en plus des sorties asymétriques sur fiches Cinch de prises de sortie au standard symétrique XLR. L'alimentation très soignée s'effectue à partir de deux transformateurs distincts afin d'éviter tout risque de transmission parasite de la section numérique vers celle analogique par couplage. On ne dénombre pas moins de six circuits stabilisateurs de tension plus un filtre secteur blindé en tête. Naturellement ce convertisseur est universel, il commute automatiquement sur l'un des trois standards 32 kHz (réception par satellite), 44,1 kHz (lecteurs CD) et 48 kHz (enregistreurs DAT). Ce convertisseur est à classer parmi les meilleurs actuellement disponibles car il réunit des qualités souvent contradictoires de transparence d'un bout à l'autre du spectre reproduit, de naturel des timbres, de respect dans la transcription des ambiances et des atmosphères, de capacité dynamique bien répartie de l'extrême-grave à l'extrême-aigu. Les ambiances sont d'un réalisme saisissant. Enfin un convertisseur qui se rapproche des sensations auditives procurées par une table de lecture analogique de très haut niveau ! Le naturel ressenti, l'élégance de transcription atteignent des sommets, il faudra simplement faire très attention au choix du lecteur numérique qui devra être de haute qualité lui aussi.

Prix indicatif : 24 000 F

KENWOOD

KENWOOD KT 6040

Les tuners d'exception ne sont pas pléthore, mais certains modèles sortent vraiment de l'ordinaire tels que le récepteur Kenwood KT-6040 dont la sophistication technologique se montre à la hauteur d'une qualité de réception confondante de vérité. Sur des retransmissions en direct de France Musique, on peut avancer qu'aucune source (analogique ou numérique) atteint un tel degré de vérité dans la sensation d'atmosphère, d'aération générale, de respect des plans sonores. Et pourtant quant on connaît les limitations de transmission aux niveaux mêmes du studio de radiodiffusion et de l'émetteur on est en droit de se poser quelques questions. Mais les faits sonores sont là, la transparence obtenue est encore inégalée. Le KT-6040 dispose de tous les derniers perfectionnements en matière de circuits de réception. Ainsi on peut sélectionner la sélectivité en mode étroit ou large selon les conditions de réception, la sensibilité d'entrée selon l'éloignement de la station et sa puissance. Ce tuner effectue aussi un contrôle actif de la



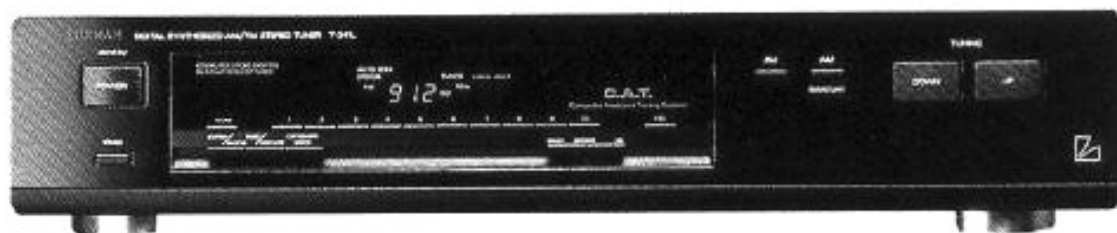
réception en se chargeant automatiquement d'ajuster la largeur de la bande de fréquence intermédiaire, la sensibilité radio-fréquence tout en laissant aussi la priorité au réglage manuel. Les circuits de syntonisation, exclusifs à Kenwood, comportent pour l'étage d'entrée un système de filtrage très évolué à base d'un transistor à effet de champ (arséniure de gallium) à très faible bruit de fond, suivi d'un circuit de réception linéaire direct (DLRC) pour obtenir la précision et la facilité d'accord électronique sans ajout de bruit de fond et un circuit de détection FM dit à boucle linéaire direct (DLLD) qui élargit la plage dynamique. Les phénomènes de distorsion dus aux filtres d'entrée indispensables pour la sélectivité sont ici éliminés par l'intervention d'un circuit de correction de distorsion DCC. De même, au niveau de l'alimentation, pour éviter les interférences ponctuelles entre les divers circuits, une seule source centrale est utilisée qui alimente séparément chaque étage. La souplesse d'utilisation de ce tuner est très grande avec une mémoire de 39 stations, une possibilité de télécommande en option, une préprogrammation de trois stations et des indicateurs fluorescents révélant la bande de fréquence, la gamme et le niveau du signal reçu, le numéro de programme, etc.

Prix indicatif : 2 490 F

LUXMAN

LUXMAN T341L

La série 300 de Luxman se caractérise par une extraordinaire musicalité, tout en offrant une souplesse d'utilisation peu commune, avec en particulier le « système bus » qui autorise l'interactivité entre les appareils grâce à un cordon spécial, pour simplifier au maximum les manipulations. Ainsi, si on appuie sur une des touches du tuner, l'amplificateur sélectionnera automatiquement l'entrée correspondante. Inversement, si on appuie sur l'entrée tuner de l'amplificateur, le tuner sera automatiquement mis en service. Ainsi, le tuner T-341L à trois gammes d'ondes de réception FM, PO, GO dispose de ce « système bus » dont on ne peut plus se passer dès qu'on l'a adopté. Ce tuner à synthétiseur numérique dispose d'un circuit d'asservissement de phase à boucle fermée (P.L.L.) assurant un verrouillage optimal et sans dérive sur la fréquence de réception. Grâce à ce circuit, certaines formes de distorsion sont éliminées quand l'accord n'est pas parfait. Sur ce tuner, le balayage des fréquences s'effectue par pas de 25 kHz en 25 kHz et non en 50 ou 100 kHz comme sur la plupart des tuners numériques. Quand les écarts sont trop importants l'accord ne peut être suffisamment précis. En dehors des possibilités classiques de balayage de la gamme des fréquences pour la recherche des émetteurs, ce



tuner dispose aussi de la mise en mémoire automatique des émetteurs les plus puissants, de la possibilité de présélection de 20 émetteurs FM, PO ou GO. Un autre circuit exclusif à Luxman dit CAT sélectionne automatiquement et de manière optimale les paramètres de réception en fonction de la puissance du signal reçu à l'antenne. Ainsi, même les émetteurs de faible puissance ou très lointain peuvent être reçus dans les meilleures conditions et avec un minimum de bruit. Il dispose aussi d'une minuterie d'extinction pour mettre le système hors tension après un délai préprogrammé pouvant aller jusqu'à 90 minutes. A l'écoute, ce tuner bénéficie d'une extraordinaire séparation des canaux droit et gauche, élargissant tout le champ de l'image stéréo, avec une étonnante précision dans le placement des divers interprètes. Le raffinement des timbres est typique aux électroniques Luxman, avec cette distinction sur les attaques qui ne paraissent jamais « criardes ». Même dans des conditions de réception difficiles, la qualité de transcription reste belle avec un minimum de distorsions subjectives. Un superbe tuner qui bénéficie aussi de la possibilité de télécommande au sein de l'ensemble de la série 300 avec le remarquable amplificateur A 371.

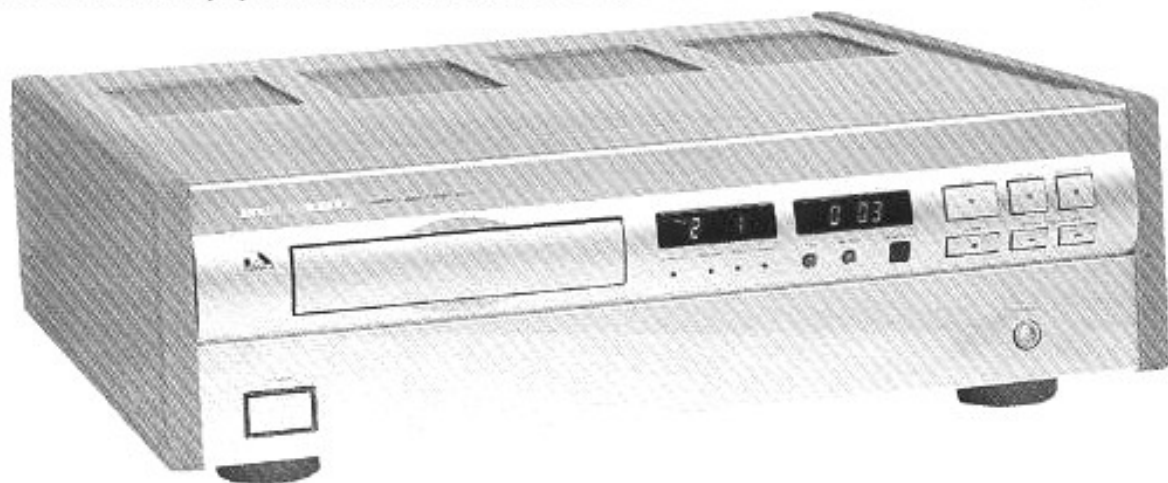
Prix indicatif : 2 190 F

Importateur : **ALPINE ELECTRONICS** 98, rue de la Belle Etoile, BP 50016, ZI Paris Nord II
95945 Roissy-Charles-de-Gaulle Cédex - Tél. : 48.63.89.89

MARANTZ

MARANTZ CD11 MKII/LE

Cette dernière version du lecteur CD11 est totalement différente des précédents modèles même si l'esthétique est restée inchangée. En effet, cette version MK II/LE marque une évolution importante dans la technologie « 1 bit » en adoptant un nouveau circuit à haute intégration, le TDA 1547, en lieu et place du 7321. De même, l'environnement autour de ce convertisseur est changé, aussi bien pour l'alimentation que le traitement du signal numérique. Ce nouveau convertisseur 1 bit Bitstream, connu plus communément sous le nom de CD72, présente de meilleures caractéristiques de linéarité, même à très faible niveau, de rapport signal/bruit et de définition que la précédente version. En fait, ce circuit à haute intégration renferme quatre convertisseurs distincts afin de pouvoir traiter l'information en mode différentiel. A la sortie de ces convertisseurs on trouve deux amplificateurs opérationnels à faible bruit qui effectuent tout d'abord la sommation des signaux pour sortir en asymétrique et ensuite le gain nécessaire. Mais le CD11 est aussi équipé de sorties symétriques sur fiches Canon XLR. Comme sur les appareils



professionnels, la symétrisation est obtenue par l'intermédiaire de transformateurs qui assurent aussi un filtrage efficace des résidus de numérique. Cela s'entend instantanément dans l'aigu par une notion de transparence et de finesse que l'on rencontre rarement. Le CD11 est très bien conçu mécaniquement pour lutter contre toutes les formes de perturbations par les vibrations extérieures avec un châssis très lourd, hyper-rigide et anti-résonnant ainsi qu'une structure indéformable, l'ensemble pesant pas moins de 17 kg ! La section mécanique est entièrement découplée par une suspension efficace. Toutes les fonctions possibles sont à la disposition de l'utilisateur avec entre autres le système FTS de mise en mémoire. L'écoute est à la hauteur de la sophistication de cette superbe machine avec un registre grave d'une densité encore inconnue à ce jour, un aigu très fluide, mais surtout un caractère chantant extraordinaire où la notion de rythme est omniprésente. La limpidité, même sur les signaux de très faible amplitude, est confondante, il en découle une superbe cohésion spatiale qui tranche beaucoup avec les autres lecteurs CD de haut de gamme.

Prix indicatif : 19 500 F

MARANTZ France 4, rue Bernard Palissy, 92600 Asnières - Tél. : 47.90.65.92

PIONEER

PIONEER PD75

Pioneer a complètement repensé le système d'entraînement du disque CD à la manière d'une table de lecture analogique. En effet, en cours de rotation, le disque se met en vibration car mal maintenu par son centre. Il en découle un surcroît de travail de la part du système de guidage de lecture et de focalisation avec des pertes d'informations numériques que devront reconstituer les circuits d'auto-corrélation qui effectuent toute une série de moyennes qui peuvent à la fin s'écarter des signaux à reconstituer. A l'écoute, on constate un manque de définition, des fréquences élevées qui paraissent sales, une focalisation imprécise des plans sonores. Pour lutter contre ces phénomènes, la section mécanique du PD-75 est équipée d'un plateau porte-disque de même diamètre que le disque CD. L'entraînement s'effectue par le dessus du disque ainsi que la lecture. Les vibrations qui peuvent naître dans le disque du centre vers la périphérie sont ainsi complètement annulées. De plus, grâce à l'inertie de l'ensemble du plateau, les fluctuations du



couple moteur sont nettement atténuées. La précision de lecture est améliorée dans des proportions considérables et cela s'entend par une stabilité inconditionnelle de l'image stéréophonique, un haut médium-aigu d'une clarté exceptionnelle, un grave ferme et ultra-dynamique. Le placement central de cette section mécanique a permis de bien séparer les circuits numériques et analogiques, l'ensemble étant monté sur un châssis rigide à structure nid d'abeilles. Des pieds d'isolation évitent toute transmission de vibrations vers les sections mécanique et électronique. Le principe de conversion adopté sur le PD-75 est de type « 1 bit », selon la technique « Pulseflow » avec fréquence d'horloge très élevée pour éviter les phénomènes de jitter. Ce convertisseur rapide à très grand débit d'impulsions fait appel aux toutes dernières techniques d'intégration des composants électroniques. La qualité d'écoute exceptionnelle de ce lecteur CD « saute immédiatement aux oreilles » par la linéarité de l'équilibre subjectif, la capacité dynamique même sur les petits signaux, l'impression d'aisance permanente dans l'analyse des formations orchestrales les plus complexes avec ce sens évident du rythme que l'on ne trouve que sur les systèmes, lecteur et convertisseur, en éléments séparés.

Prix indicatif : 7 490 F

PIONEER SETTON 10, rue des Minimes, 93270 Bois-Colombes - Tél. : 47.60.79.99

REGA

REGA PLANAR 3

Les tables de lecture Rega Planar sont considérées comme une référence incontestée pour leur musicalité et leur rapport agrément d'écoute/prix depuis bientôt vingt ans. La platine Rega Planar 3, a dès sa création, remporté un vif succès auprès des mélomanes et audiophiles perfectionnistes. En effet, sa transcription rend parfaitement compte de toutes les subtilités de jeu des artistes avec un sens du phrasé, du rythme, de l'association de timbres pratiquement inégalé. En permanence cette table de lecture extrait le maximum d'informations des sillons du disque analogique sans ajouter de bruit et avec une régularité de vitesse qui procure une hauteur de timbre juste. La beauté de la transcription est permanente d'un bout à l'autre du spectre à reproduire avec un grave bien charpenté, un médium de belle luminosité et de grande lisibilité, un



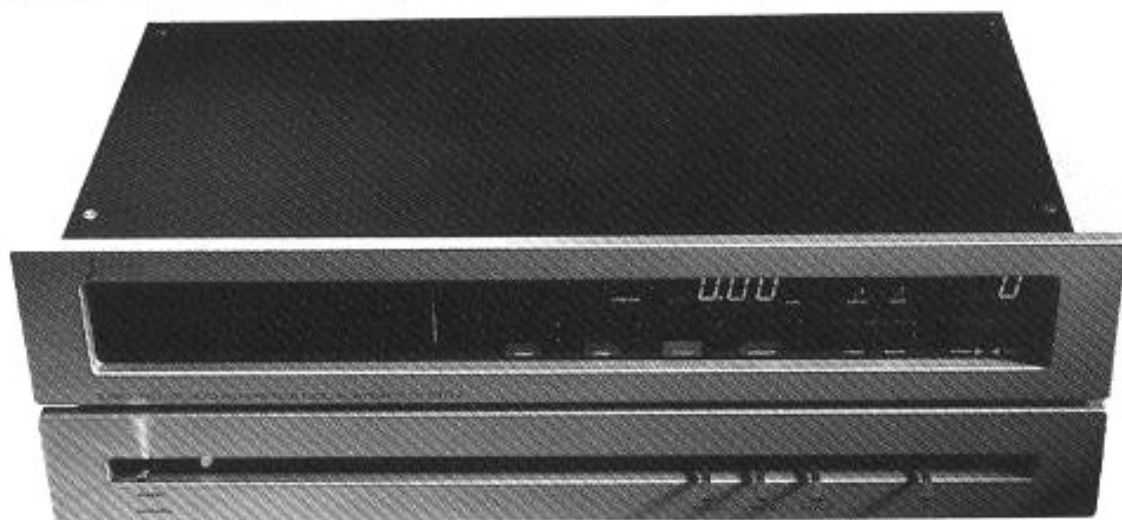
aigu à la fois fin, aérien et très dynamique. La musicalité qui se dégage de l'ensemble de la restitution vous plonge au cœur de l'interprétation sans aucun effort d'intellectualisation de l'écoute. Même sur les grandes formations, l'intelligibilité du message est permanente avec cette ouverture de la scène stéréo que seules savent traduire les grandes tables de lecture. Selon les techniques chères à Rega, la Planar 3 est construite à partir d'une base très rigide (poids de l'ensemble 8 kg) et le système d'entraînement s'effectue par courroie. Deux bras de lecture peuvent être montés, soit le RB 300 d'une longueur de 23,7 cm et possédant une masse effective de 9 g, soit le RB 250 de 23,7 cm et d'une masse effective de 11 g. Différentes cellules peuvent être montées, tous les réglages de dépassement, angle correct de lecture, force d'application peuvent être réalisés facilement. Cette table de lecture rend pleinement justice à la musique. Par rapport à son prix de vente, elle peut être considérée comme une véritable affaire.

Prix indicatif : 3 690 F sans cellule

SPECTRAL

SPECTRAL SDR-1000SL

Le lecteur convertisseur Spectral SDR-1000 fait partie d'une nouvelle génération de sources numériques regroupant un lecteur CD, un convertisseur, un préampli ligne de très haute qualité. Dans le SDR-1000 chacune de ces sections est totalement isolée pour limiter les risques d'interférences. Ainsi, le système de lecture et de transport montés sur une contre-platine très rigide sont totalement découplés de la base principale. Le système de focalisation dispose d'une véritable lentille en verre. Les servo-mécanismes sont ultra-rapides dans leur suivi de piste. Par la proximité immédiate du convertisseur, les phénomènes de distorsion de jitter sont réduits au minimum. Le principe de conversion est basé sur un suréchantillonnage de 176,4 kHz avec filtre numérique d'interpolation et quatre convertisseurs numérique/analogique dans une configuration push-pull totalement symétrique afin d'obtenir une capacité de résolution de 18 bits. Les liaisons s'effectuent par des systèmes opto-coupleurs pour éviter tout risque



d'interférence. La section analogique fait appel exclusivement à des composants discrets et travaille en classe A. Il en découle une capacité dynamique exceptionnelle et une absence totale de distorsions de croisement. Mais ce lecteur-convertisseur-préampli dispose d'une série de filtres commutables. Le premier corrige le temps de propagation de groupe et permet de retrouver sur les harmoniques de certains instruments une phase correcte. Le deuxième filtre permet de retrouver et de restaurer l'ensemble amplitude-phase qui est primordial dans la restitution des ambiances sonores et la profondeur de l'image stéréo. Le troisième filtre enfin permet de réduire sur les transitoires certains phénomènes de distorsion d'intermodulation particulièrement sensibles dans la zone de 6 à 12 kHz. Ainsi à l'écoute on retrouve un haut-médium aigu de grande pureté sans aucune trace de dureté ou d'agressivité. Cet ensemble, très original dans sa proposition de regrouper trois éléments en un d'une « chaîne » très haut de gamme, assure une transcription d'un naturel inouï avec un très haut pouvoir de résolution conforme aux électroniques sans compromis ampli et préampli de cette marque américaine légendaire.

Prix indicatif : 60 000 F

SONY

SONY DTC 77 ES

L'enregistreur DAT Sony 77ES marque une évolution importante dans la technologie numérique. Sur une cassette DAT, il peut enregistrer jusqu'à deux heures de son numérique avec une qualité sonore véritablement professionnelle. Cette platine est équipée d'un système de gestion des copies en série SCMS qui emploie une technologie sophistiquée de codage autorisant une génération d'enregistrements 100 % numériques. Ainsi, il peut enregistrer directement à partir d'un lecteur CD munie d'une sortie numérique sans avoir à passer par les différentes étapes de conversion numérique/analogique. L'enregistrement reste directement numérique sans théoriquement, aucune perte de qualité. Avec le système SCMS, on peut effectuer un enregistrement numérique direct d'une platine cassette DAT à une autre DAT, cela afin d'éviter les copies pirates. Sur le DTC-77ES, l'enregistrement s'effectue en diagonale sur la bande par des têtes rotatives montées sur un tambour. Ce principe permet d'enregistrer une haute densité



d'informations numériques sans risque d'erreurs. Il fonctionne avec trois fréquences d'échantillonnage : 48 kHz sur 16 Bits pour l'enregistrement d'une source analogique, 44,1 kHz pour enregistrer directement les signaux en provenance d'un lecteur CD et 32 kHz pour l'enregistrement longue durée. Le système de conversion analogique/numérique est de type « 1 bit » linéaire à très haute vitesse. Ce type de convertisseur « 1 bit » Pulse est composé d'une seule source de courant et d'un seul commutateur afin d'éliminer certaines formes de distorsion désagréable à l'écoute. L'écoute est très naturelle, jusque dans les fréquences élevées et les micro-informations ne sont pas gommées par du bruit de fond. Même sur des messages complexes, l'analyse reste très fine, très belle, sans aucune confusion possible. Le DTC-77ES est muni de très nombreuses fonctions. Parmi celles-ci, citons la recherche à haute vitesse, la recherche de plages, trois modes de répétition, un mécanisme de chargement rapide par tiroir, l'accès direct à dix plages, lecture et enregistrement, avance et retour rapides, pause, enregistrements synchronisés.

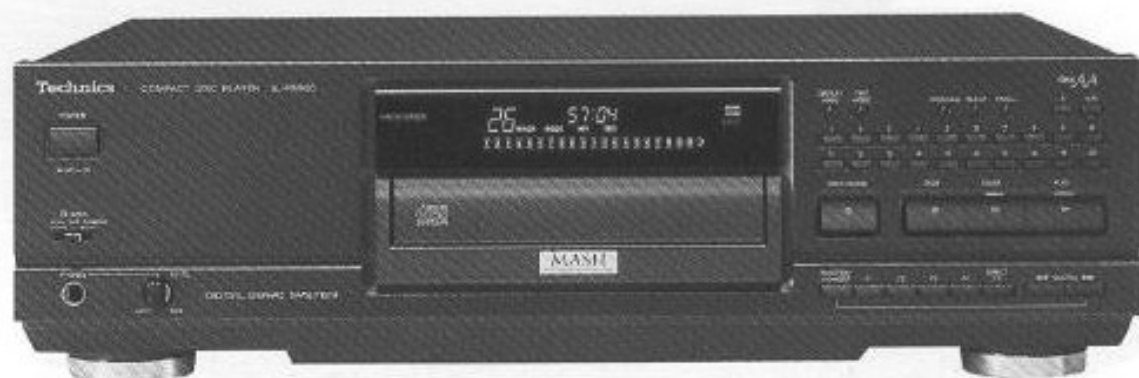
Prix indicatif : 12 900 F

SONY France 15, rue Floréal, 75017 Paris - Tél. : 40.87.30.00

TECHNICS

TECHNICS SL-PS900

Le lecteur CD SL-PS900 procure une précision de lecture extraordinaire. En effet, les circuits d'asservissement des mouvements du chariot porte-diode de lecture font appel à un circuit numérique ultra-rapide dans ses corrections. Ce circuit d'asservissement numérique détecte instantanément les défauts du disque, en particulier ceux d'excentrement, de voile, de traces de saletés à la surface, autant de phénomènes qui, avec un circuit d'asservissement analogique conventionnel entraîne des pertes de lecture. Le circuit numérique d'asservissement étudié par Technics, fait face à tous ces problèmes instantanés de suivi de lecture, sans pertes d'informations. De plus, ce nouveau circuit d'asservissement évite, par rapport aux servo-analogiques, certaines fluctuations de courant importantes qui peuvent aussi dégrader la qualité sonore. Tout l'ensemble du mécanisme de chargement est construit à partir d'un matériau synthétique, dit TNRC, de haute résistance, procurant une excellente barrière contre la



transmission des vibrations parasites. Ce lecteur CD de très haut de gamme dispose aussi d'une section de conversion sophistiquée faisant appel à la technique 1 bit MASH. Ce filtrage numérique produit une transformation pour augmenter la résolution à 24 bits, à 8 fois la fréquence de suréchantillonnage. Le signal numérique obtenu en sortie est traité par le circuit MASH qui va produire le signal 1 bit (PWM). Les impulsions obtenues vont être transformées en valeurs de tension ou de courant qui seront traités par le convertisseur PWM. Cette nouvelle technique améliore le rapport signal/bruit sur l'ensemble du spectre audio avec en corrélation une capacité dynamique très étendue. L'ensemble de la section analogique en sortie ne fait appel qu'à des composants discrets ainsi d'ailleurs que pour le filtrage. L'amplification s'effectue suivant le principe de la classe AA. L'alimentation est confiée à deux transformateurs distincts l'un pour la section numérique et l'autre pour celle analogique. A l'écoute, ce lecteur se caractérise par une capacité dynamique extraordinaire sur l'ensemble du spectre, avec une absence de phénomènes d'intermodulation sur les messages complexes. La précision de lecture est maintenue, même à partir de disques en mauvais état.

Prix indicatif : 4 490 F

PANASONIC France 270, avenue de Président Wilson, 93218 La Plaine-St-Denis Cedex
Tél. : (1) 49.46.43.00

WADIA

WADIA X64 + WT3200

La firme Wadia a, en quelques années, bouleversé toute l'approche des principes de conversion numérique/analogique. Cette firme a établi de nouveaux standards de qualité en matière de convertisseurs. En peu de temps, Wadia a été considéré comme une référence incontestable, que ce soit pour les convertisseurs ou les lecteurs. La qualité professionnelle de fabrication de ces appareils, leurs possibilités d'évolution ont aussi beaucoup contribué à la « légende » de la marque. Le convertisseur X64,4 Digimaster, avec son rapport de suréchantillonnage de 64 fois, est capable d'un pouvoir de résolution vrai de 18 bits. Il peut convertir automatiquement n'importe quelle source (48/44,1/32 kHz). Sa conception modulaire (7 cartes enfichables) permettra de le mettre au goût du jour sans avoir à sacrifier son investissement de base. Son principe d'algorithme particulier procure une différence très sensible à l'écoute. Ce convertisseur



dépasse ainsi en performances musicales les meilleurs systèmes de lecture analogique par sa parfaite transcription des structures harmoniques de timbres les plus complexes, son respect de la phase, son pouvoir d'analyse extrême aussi bien sur les signaux de faible niveau que ceux de grande amplitude. A l'écoute, cela se traduit par une absence totale de confusion dans les superpositions de rythmes, un phrasé étonnant, une absence totale d'impression de sonorités hâchées. Au contraire, toutes les notes s'enchaînent avec fluidité, et ce sens peu commun de la mélodie. La platine lectrice WT-3200 a été conçue pour éliminer tout phénomène de jitter parasite en conjugaison avec le convertisseur. Cet ensemble est à l'extrême pointe des sources numériques sans compromis. La combinaison X64.4 Digimaster et WT-3200 apporte des satisfactions musicales si intenses, que bien d'autres systèmes lecture et convertisseur de haut de gamme paraissent assez fades et manquer totalement de raffinement sonore et de subtilité.

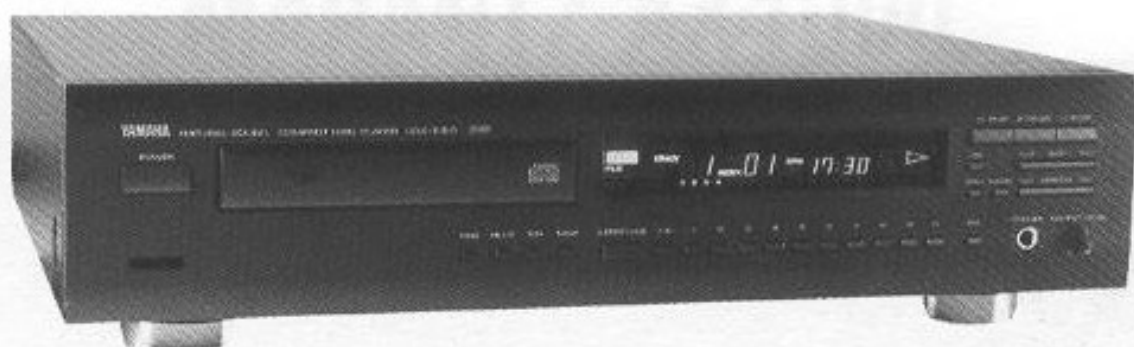
Prix indicatifs : Digimaster : 55 000 F
Wadia 64X French Curve : 44 900 F

Importateur : TETRA « Le Cima Bella », 5, av. Conte E. Garin, 06000 Nice - Tél. : 93.62.20.97

YAMAHA

YAMAHA CDX 1050

Le CDX-1050 se situe au sommet de la gamme européenne de Yamaha et réunit toutes les dernières nouveautés en matière de systèmes de lecture et de convertisseurs. Sa conception mécanique est très élaborée, faisant appel à un double châssis, double capot, avec un système de sustentation mono-point. Tout l'ensemble de lecture est monté sur une contre-platine flottante. Pour assurer un contrôle plus précis des déplacements du chariot porte-diode laser de son système de focalisation, un système numérique a été adopté au sein d'un micro-ordinateur qui prend en compte l'état du disque (voile, traces de doigts, poussières, rayures). Ce chariot est entraîné par un moteur linéaire beaucoup plus rapide dans son temps de réaction et sans aucune secousse par rapport aux systèmes d'entraînement par crémaillère. Cet asservissement numérique du suivi de piste se traduit à l'écoute par une plus grande précision de l'image stéréo, une capacité accrue de définition des petits signaux si importante dans la traduction des ambiances sonores. Ce



remarquable lecteur CD pesant pas moins de 10 kg (!) peut reposer soit sur des pieds classiques, larges et amortis, soit par des pointes de découplage intégrées qui limitent la propagation de vibrations vers la platine. Naturellement, ce lecteur adopte la technologie de conversion « S-bit Plus » qui procure une restitution de grande pureté. Ce convertisseur spécifique, développé spécialement par Yamaha, fait appel à la technique de type « 1 bit » dans le cadre d'une configuration avec conformateur de bruit du second ordre pour un pouvoir de résolution accrue, un étage I-PDM pour une amplitude précise et un correcteur de base de temps DBC avec une horloge isolée pour une parfaite synchronisation. Mais les ingénieurs de Yamaha n'ont pas perdu de vue la section analogique qui a fait l'objet d'un soin extrême pour ne pas ruiner tout l'apport de la technologie « S-bit Plus ». Le résultat à l'écoute se traduit par des plans sonores d'une incroyable profondeur, des ambiances restituées à la perfection et dont les rapports de niveau sont respectés, avec un sentiment d'aération permanent et d'absence totale de confusion. Un lecteur d'une rare transparence qui donne envie de découvrir ou de redécouvrir toute sa collection de disques CD.

Prix indicatif : 7 500 F

LES MUSES D'OR

Décembre 91



à l'Audio Computer MARANTZ AX-1000

Jean Hiraga



Audio Computer Marantz AX-1000 ouvre de nouveaux horizons dans des applications qui préfigurent en quelque sorte ce que sera l'audio de demain. C'est un appareil dont la capacité de calcul dépasse les 13 millions d'instructions par seconde, soit un peu plus de 1/8^e des capacités d'un super-ordinateur Cray-1.

On peut accéder à des possibilités de contrôle de fréquence, d'ambiance, de conditionnement du signal et de génération de signaux dépassant largement celles offertes par les gadgets. En devenant ainsi un outil de travail précieux en plus de ses nombreuses autres fonctions, cet appareil unique méritait largement de se voir attribuer nos Muses d'Or.

En concevant dès 1985 des maillons dans lesquels il était déjà largement fait appel à la technologie audionumérique, ce qui était le cas de l'amplificateur DMP-7, Marantz faisait partie des firmes capables de concevoir rapidement un ordinateur complétant le traitement numérique du signal de différentes possibilités de mesures interactives entre la reproduction sonore, musicale et l'environnement acoustique.

Quatre fonctions principales

L'Audio Computer Marantz AX-1000 contient deux processeurs numériques de signal DSP ainsi qu'un micro-ordinateur dont l'association assure les fonctions suivantes :

- contrôle de fréquence
- contrôle d'ambiance
- conditionnement du signal

— génération de signaux de référence pour évaluation.

Le DMP-7, conçu par Marantz en 1985 ainsi que quelques autres maillons concurrents plus récents étaient capables de traiter totalement ou partiellement le signal en audionumérique. L'AX-1000 le fait également mais y ajoute une grande innovation, celle de la mesure, de l'analyse en temps réel du signal et du traitement de celui-ci

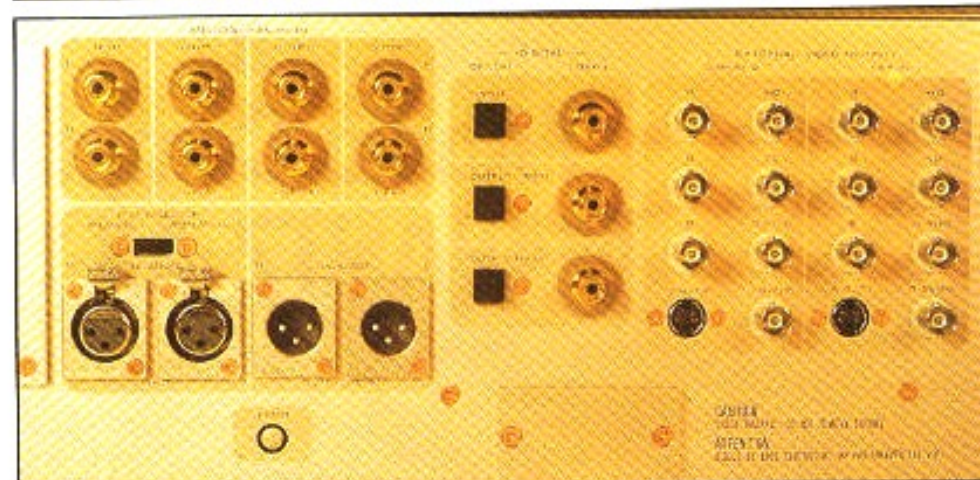
en mode interactif dans la pièce d'écoute. L'analyse des résultats de mesure ainsi que l'établissement de différentes égalisations adaptées à chaque condition de mesure sont assurés par un programme de gestion contenu dans l'appareil. On élimine de la sorte la nécessité de transiter à travers une procédure de mesure, d'étalonnage longue et fastidieuse.

L'AX-1000 Marantz étant équipé de deux processeurs DSP, il est possible d'utiliser l'un d'entre eux pour la correction niveau/fréquence et de faire appel au second pour d'autres fonctions.

Une possibilité importante parmi celles offertes par cet ordinateur spécifique audio est de rendre possible l'élimination de la personnalité sonore propre à chaque local d'écoute. On aura pour résultat une condition d'écoute beaucoup plus neutre à laquelle pourra s'ajouter un traitement vraiment efficace du signal. L'ensemble de ces traitements étant effectué en audionumérique, les incidences, courantes en analogique telles que la perte de transparence due à la multiplication des étages, les rotations de phase, l'augmentation de la distorsion et du bruit de fond passent ainsi à des valeurs négligeables en regard des bénéfices apportés. Dans ce cas, le taux de dégradation de la qualité sonore reste lié à celle de la conversion analogique/numérique et vice-versa ainsi qu'au nombre d'étages des convertisseurs A/N et N/A.

Sur le AX-1000, Marantz a fait appel aux convertisseurs de type Bitstream, les plus récents pour la conversion N/A ainsi qu'à un convertisseur A/N de réputation légendaire pour l'adaptation aux différentes sources analogiques.

La télécommande associée à cet appareil assure avec celui-ci un fonctionnement interactif, l'assistance à l'utilisateur étant apportée par la présence de deux



Face avant, avec microphone de mesure et télécommande du Marantz AX-1000. Au-dessous, vue arrière, avec entrées et sorties.

grands afficheurs LCD à polarisants couleurs, à éclairage dorsal disposés sur la face avant de l'appareil.

L'ensemble des fonctions permises par l'AX-1000 est représenté de façon simplifiée sur le tableau de la figure 1.

Contrôle niveau/fréquence

Le contrôle des caractéristiques niveau/fréquence se divise en deux parties distinctes qui sont l'égalisation paramétrique et la correction acoustique du local d'écoute.

L'égalisation paramétrique s'effectue sur trois points d'inflexion que l'on peut déplacer en niveau, en amplitude et en largeur de bande. Ces trois

points peuvent être déplacés entre 40 Hz et 1 kHz (grave-médium), entre 500 Hz et 12,5 kHz (médium-aigu) et entre 800 Hz et 20 kHz (médium-aigu/extrême-aigu). Ces points se déplacent par bonds de $1/6^e$ d'octave.

L'amplitude de ces corrections est limitée à ± 10 dB. Le facteur de surtension, qui permet de faire agir ces corrections sur des plages de fréquence plus ou moins larges est réglable par des valeurs de Q comprises entre 0,4 et 10.

La correction de l'acoustique des salles est étudiée pour compenser de la façon efficace les défauts habituels rencontrés dans les locaux domestiques. L'appareil se contente tout d'abord d'effectuer une mesure qui servira à évaluer l'ensemble

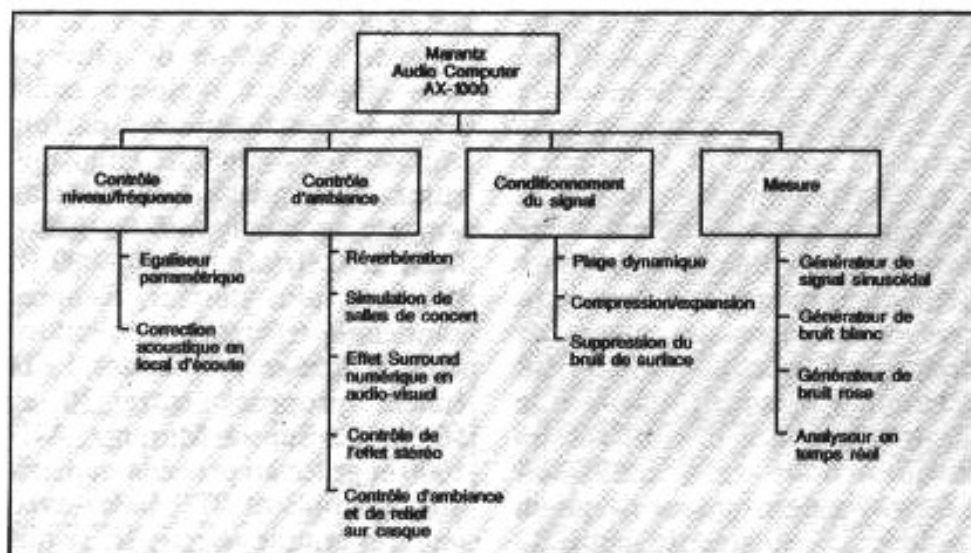


Fig. 1 : Tableau synoptique de l'ensemble des fonctions assurées par l'ordinateur Marantz AX-1000.

des corrections à effectuer. Il est important de signaler à ce niveau que ces corrections ne s'effectuent pas forcément à partir d'une référence niveau/fréquence droite ou pré-établie. Ici, l'utilisateur a la possibilité de mettre en mémoire sa propre courbe, « sa » référence selon des critères choisis pas lui. Soulignons à ce sujet qu'il a déjà été commercialisé des égaliseurs paramétriques qui permettaient, en association avec des circuits comparateurs, des mémoires et un microphone, d'assurer une compensation qui devait, théoriquement du moins, conduire à des résultats d'écoute parfaits. Inutile de dire que dans bien des cas on était loin du compte et que des démonstrations publiques de ce genre ont dû laisser les audiophiles plutôt perplexes.

Sur l'AX-1000, la correction s'effectue dans la bande 40 Hz-16 kHz. La sensibilité de détection des résonances ou des anti-résonances est ajustable entre 0 et ± 10 dB. La correction minimale peut atteindre le 1/100^e de dB à partir d'une référence fixe ou personnalisée.

Contrôle d'ambiance

Cinq types de contrôles d'ambiance sont accessibles : la réverbération, la simulation de salles de concert, l'effet Sur-

round numérique (pour les vidéo-disques pourvus de ce codage dans la bande-son, le dosage de l'effet stéréophonique ainsi que l'effet tridimensionnel sur écoute au casque.

Le retard est ajustable entre 0 et 50 ms. Le temps de réverbération, requis pour que le niveau de l'écho décroisse pour attein-

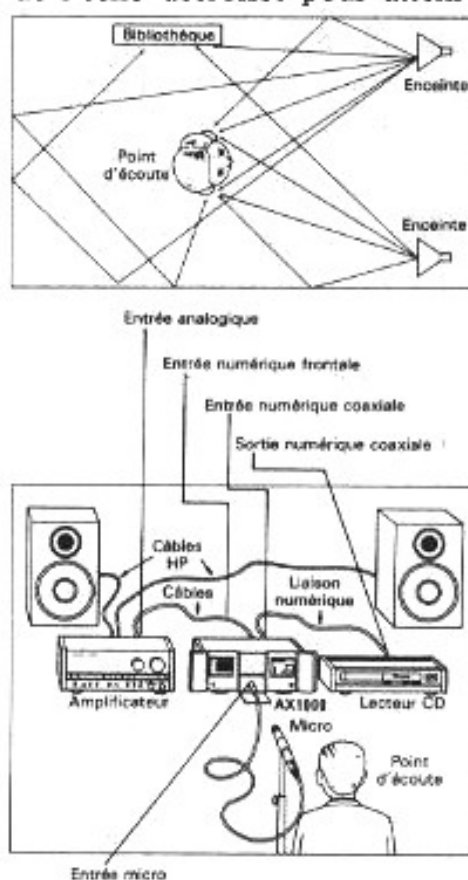


Fig. 2 : En A, dissymétrie et influence sur les sons directs et réverbérés. En B, procédure pour correction acoustique.

dre la valeur de -60 dB est ajustable entre 0 et 10 secondes. Pour la réverbération, le rapport de la composante de la réverbération contenue dans le signal s'exprime en pourcentage avec une latitude de réglage comprise entre 0 % (son d'origine seul) et 100 % (son réverbéré seul).

Les corrections paramétriques relatives à la chaîne, aux enceintes ou au local d'écoute peuvent être suivies d'une simulation de salle de concert. Sur ce modèle, Marantz a introduit en mémoire les paramètres de salles de concert très connues :

- Boston Symphony Hall.
- Wien Grosser Musikvereinsaal.
- Palais des Beaux-Arts de Bruxelles.
- Neues Gewandhaus de Leipzig.
- Royal Albert Hall de Londres.
- Metropolitan Opera House de New York.
- Festspielhaus de Bayreuth.

En audio-vidéo et pour les vidéo-disques ou les supports enregistrés comportant un codage dit Surround (effet d'environnement), le processeur audionumérique évite les risques de dégradation de la qualité du signal audio. On obtient après le décodage 2 voies frontales, 2 voies dorsales et 2 voies centrales.

L'effet stéréophonique peut varier sensiblement d'une prise de son à l'autre. Une trop grande séparation entre les voies génère quelquefois un phénomène de trou central qui peut s'avérer gênant lorsque des sources qui devraient rester ponctuelles se trouvent défocalisées. Pour remédier à cet inconvénient, Marantz a prévu sur l'AX-1000 un contrôle assurant un passage de la monophonie à la stéréophonie élargie en onze étapes.

Lors de l'écoute au casque, il est fréquent qu'il en résulte la formation d'une image stéréophonique au centre ou au som-

met de la tête. De nombreuses fois, on a tenté de pallier ce défaut de diverses manières, par le truchement de la phase ou par mélange des canaux. Ici, Marantz fait appel à un procédé classique qui consiste à mélanger aux deux voies les voies inversées avec altération de la phase et de la réponse amplitude/fréquence. L'oreille gauche reçoit ainsi le signal issu du canal gauche sur lequel vient se superposer le canal droit décalé en phase et dont la courbe de réponse niveau/fréquence se base sur l'ombre acoustique produite par la tête d'une oreille à l'autre. Cette astuce produit un effet de double annulation vis-à-vis de sources fictives dont la position (frontale par rapport à l'auditeur) est prédéterminée. On simule en quelque sorte un auditeur placé devant une paire d'enceintes séparées par un mur central, sans diaphonie entre celles-ci. On peut alors créer une scène stéréophonique se positionnant en dehors de la tête.

Conditionnement du signal

Le codage numérique du signal donne accès à des possibilités intéressantes comme celle de l'expansion ou de la compression de la dynamique. Ces deux techniques, souvent utilisées en radio à l'insu de l'auditeur opèrent une modification des sons, de la musique pour les rendre mieux articulés, plus intelligibles ou bien encore adaptés à un format de plage dynamique donné. Le procédé numérique dont il est fait usage ici évite les défauts classiques en analogique d'inertie, de lenteur des attaques ou de bande passante tronquée à ses extrémités. En pourcentage, la plage de dynamique peut s'ajuster ici entre 10 % et 190 %, 100 % correspondant à la dynamique d'origine. D'autre part, il est possible de faire travailler ce circuit d'expansion ou de com-

pression à partir d'un seuil réglable entre les plages 0 et -40 dB. Il est de plus possible de modifier la durée d'action de ces circuits entre 0,1 seconde et 3 secondes. C'est cette dernière possibilité qui donne accès à une autre très intéressante. En faisant jouer cette compression sur des temps très courts dans des plages de fréquences précises, on parvient à éliminer presque totalement le bruit de surface présent sur les disques noirs sans qu'il soit nécessaire de tronquer de façon audible et gênante le haut du spectre.

Mesures

Dans sa section mesures, l'AX-1000 peut soit générer des signaux, soit effectuer une analyse du signal.

Trois formes de signaux peuvent être générés. En régime sinusoïdal, il est possible d'obtenir toute fréquence comprise entre 20 Hz et 20 kHz sous des niveaux ajustables entre 0 et -80 dB. Pour la génération de bruit blanc ou de bruit rose, le procédé numérique assure une linéarité de réponse et une stabilité de l'amplitude moyenne du signal beaucoup plus grande qu'en analogique. Pour ces deux types de bruits (le bruit rose n'est pas obtenu après filtrage du bruit blanc, mais directement par procédé numérique), le niveau reste toujours ajustable au dB près entre 0 et -80 dB. Pour les niveaux comme pour les fréquences, les principaux avantages du procédé numérique sont l'obtention d'un temps d'établissement ultra-rapide du signal (il peut dépasser plusieurs secondes sur les oscillateurs stabilisés par thermistance), un signal de grande pureté spectrale (moins de 0,01 %) sous un niveau de sortie calibré de façon très précise. Depuis bien des années déjà, et même avant la naissance du compact-disque, les spécialistes en métrologie prédisaient un avenir certain au numérique. Ils

ne s'étaient pas trompés car ce procédé s'applique de plus en plus souvent à moindre coût, pour des performances parfois impossibles à atteindre en analogique. Il y a quelques années seulement, un analyseur du genre B&K 2032 frisait les 300 000 F. D'autres, plus simples, comprenant une trentaine de bandes avec affichage par diodes LED étaient proposés entre 30 et 50 000 F. Sur le Marantz AX-1000 et grâce au procédé numérique, on obtient 27 bandes avec une très grande sélectivité, ce qui aurait nécessité en analogique de très nombreux étages à filtres actifs avec composants à très faible tolérance, ceci pour chacune des bandes. On accède en plus à des possibilités de mise en mémoire ou de conservation temporaire des crêtes de niveau.

Cette fonction d'analyse en temps réel présente le plus haut intérêt lorsque l'on peut l'associer à une mesure à l'aide d'un microphone et d'une gestion des différentes procédures à l'aide du micro-ordinateur associé.

Correction acoustique

Il est très fréquent que dans le local d'écoute l'aménagement, les meubles soient disposés de façon non symétrique par rapport à l'axe central. Il en résulte des caractéristiques son direct/son réfléchi différentes pour chacune des oreilles de l'auditeur écoutant ses enceintes. La procédure d'analyse et de correction de ce défaut consiste tout d'abord à effectuer une mesure en bruit rose en plaçant le microphone au point d'écoute habituel. Sur la face avant de l'AX-1000, les deux grands panneaux LCD à éclairage dorsal permettent de suivre la procédure. Le panneau de droite donne différentes indications et assiste l'utilisateur en affichant les opérations en cours ou la suite de la procédure. Le panneau de droite fait apparaître différentes indications : analyse en temps réel,

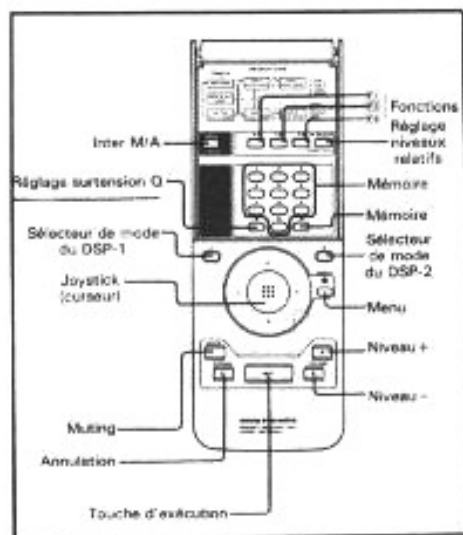


Fig. 3 : Principales fonctions de la télécommande du Marantz AX-1000.

mémoire des crêtes, niveau acoustique, temps, paramètres, etc.

Ces différentes opérations sont accessibles à partir de la télécommande. Il s'agit d'un modèle assez différent de ceux que l'on utilise habituellement en audio. Il est représenté sur la figure 3. Au centre de la télécommande se trouve notamment une commande de type « joystick » qui fait office de souris et permet de déplacer le curseur sur les écrans LCD. Précisons que plusieurs procédures de mesure sont semi-automatiques et que, dans ce cas, les différentes étapes viennent s'afficher les unes après les autres sur les panneaux LCD : calcul en cours, paramètres, recommandations de rester silencieux à tel moment, etc. Il serait impossible de décrire en totalité tous les modes d'affichage possibles sur les panneaux LCD qui dépassent la centaine. Quelques exemples sont donnés sur la figure 4.

Construction et circuit

L'Audio Computer Marantz AX-100 n'est pas sans rappeler l'esthétique d'un amplificateur de haut de gamme. Châssis en aluminium brossé teinté champagne, face avant massive avec poignées latérales. Cette face avant, particulièrement sobre, ne

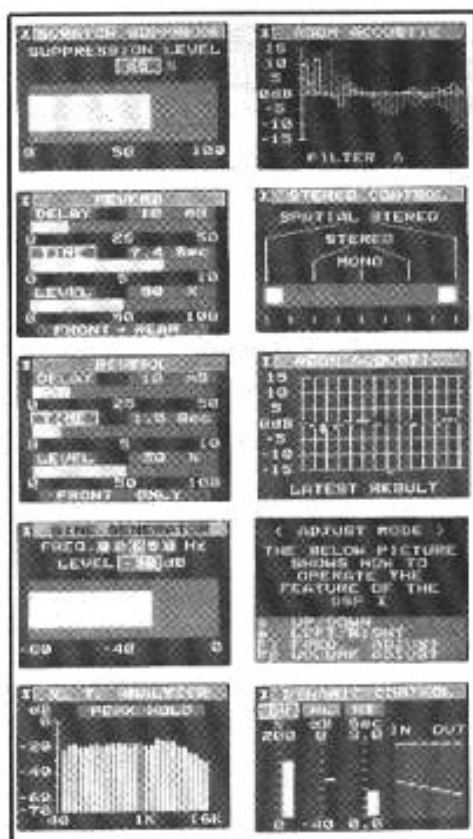


Fig. 4 : Exemple d'affichage des panneaux LCD lumineux du AX-1000.

fait apparaître que les deux grands panneaux d'affichage. Au centre une trappe donne accès à la prise pour microphone (standard XLR), à deux entrées numériques (standard optique) et à des réglages individuels de lumière et de contraste des deux afficheurs LCD.

Sur la face arrière prennent place deux paires d'entrées analogiques (Cinch et XLR symétriques), deux entrées numériques (optique et coaxiale) et deux sorties vidéo RVB permettant un affichage sur moniteurs couleur. Ces sorties sont dédoublées Cinch/S pour faciliter les liaisons vers les moniteurs. En analogique, la sensibilité d'entrée est de 500 mV sous 10 k Ω d'impédance. La sortie analogique permet d'obtenir 2 V (impédance 50 Ω). En numérique, le standard adopté est de 0,5 V p-p en coaxial et de -19 à -21 dB en optique. L'ensemble, qui pèse 15,5 kg mesure 482 mm de large, 166 mm de haut et 418 mm de

profondeur. Le tableau synoptique des circuits du AX-1000 est représenté sur la figure 5.

Les processeurs DSP disponibles sur le marché ne permettent pas d'accéder aux fonctions recherchées sur le AX-1000, Marantz a dû travailler en coopération avec le groupe Philips pour élaborer de nouveaux circuits DSP spécialement conçus pour ce modèle. Il est obtenu de la sorte une vitesse de calcul de l'ordre de 75 ns, un accumulateur 50 bits associé à un coefficient de 24 bits portant la capacité de calcul à 13,3 MIPS (Millions d'Instructions par Seconde).

L'agencement des différentes sections du AX-1000 est très fonctionnel. Chacune de ces sections est montée sur carte enfichable, tous les connecteurs femelles se trouvent alignés en mode « bus board ». Le S.A.V. s'en trouve facilité de même que la possibilité d'extensions futures.

La carte DSP se divise en trois parties distinctes : le processeur numérique DSP, le contrôle principal et la section vidéo. Chacun des deux DSP utilisé peut accepter des données d'entrée de 20 bits sous un coefficient de 24 bits. En complément vient un accumulateur 50 bits assurant une plus grande latitude de travail.

Le cœur du circuit est un micro-ordinateur 16 bits. Ce dernier génère également les caractères, les graphiques d'affichage. Le générateur vidéo reçoit ces informations et effectue le transfert vers les afficheurs cristallins liquides à polarisants couleurs multiples.

Sur l'entrée microphone, il est fait usage d'un circuit SSM de la firme PMI, une version réputée pour son rapport S/B exceptionnel. Le même genre de circuit intégré est employé dans une partie de la section A/N. Le convertisseur est du genre 1 bit Sigma-Delta 64 fs. Ce circuit

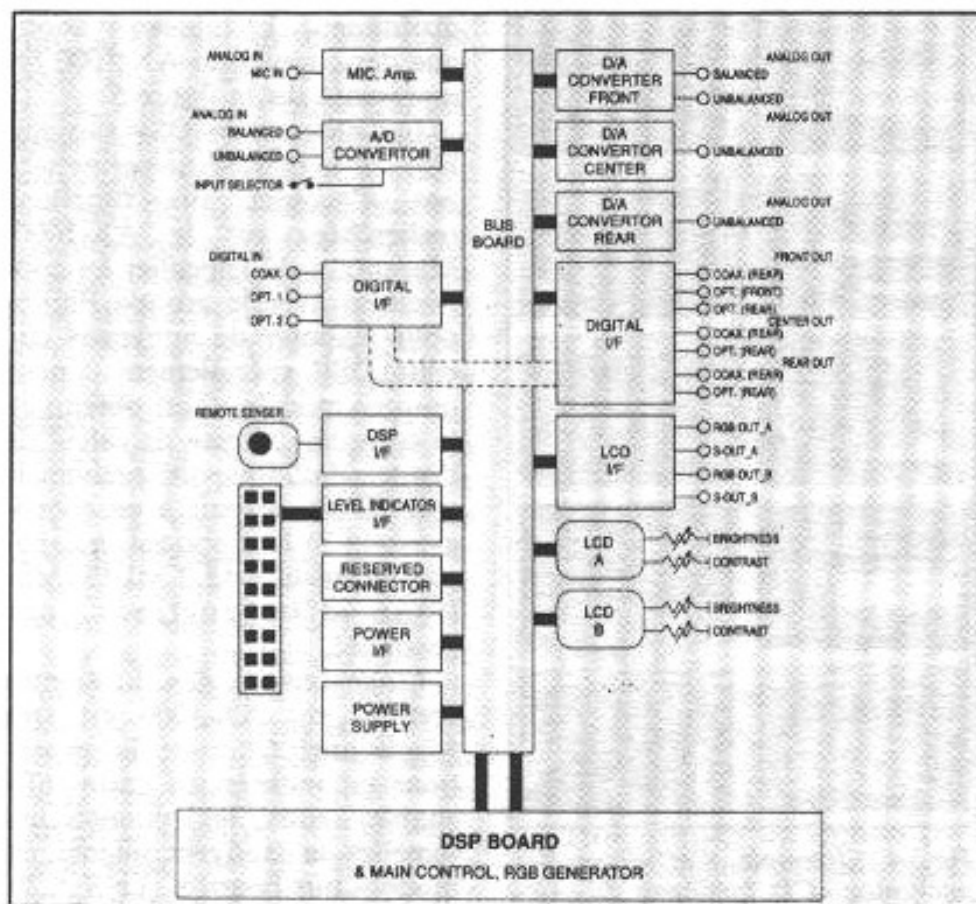


Fig. 5 : Tableau synoptique des circuits du AX-1000.

évite le défaut classique de la plupart des convertisseurs qui font appel à un filtrage du 8 au 12^e ordre. Sur l'AX-1000, seul un filtre du 4^e ordre entrant en action au-delà de 100 kHz est employé.

L'interface numérique module et démodule les signaux numériques de format EBU. Cette carte possède également sa propre horloge. L'un des deux circuits PLL à bouclage de phase sert au verrouillage des fréquences d'échantillonnage 32 kHz (radio satellite), 44,1 kHz (CD) et 48 kHz (DAT). Soigneusement étudiés, ils réduisent la valeur d'errance, de « jitter » à un taux négligeable.

Le convertisseur N/A est conçu autour d'une base Philips SAA 7350 équivalent à 20 bits de principe Bitstream avec intégration d'un filtre dit « Noise Shaper » 1 bit du 3^e ordre. Le filtre numérique à phase constante est de type FIR, coefficient 22 bits avec filtre du 199^e ordre.

En conclusion

L'AX-1000 est la synthèse savante du micro-ordinateur, de la technologie audionumérique et des récents progrès en matière de processeurs DSP. Tous ces éléments existaient déjà sous forme isolée, soit dans une autre application, soit dans le secteur professionnel. Sous cette forme, l'AX-1000 se transforme en un nouvel outil de travail précieux, aux capacités surprenantes, aux possibilités sortant largement du cadre habituel des installations hi-fi.

La « symétrisation » électronique de la salle d'écoute permet d'éliminer en grande partie la distorsion de géométrie de l'image stéréophonique, sans que l'on soit pour autant contraint de se placer exactement au centre de la pièce. L'égalisation de l'acoustique de la salle à partir de bruit rose ou blanc peut transfigurer complètement un système en supprimant notam-

ment des colorations, des effets de masque et en offrant à l'auditeur une écoute parfaitement neutre, « monitoring » dans le sens le plus noble du terme. La perte du pouvoir d'analyse, de « piqué » que l'on pouvait rencontrer sur les égaliseurs paramétriques passe ici à des valeurs négligeables. Le soin extrême apporté dans la réalisation de cet « ordinateur audio » se retrouve à l'écoute pour atteindre largement le niveau requis pour la qualification « Muses d'Or ». La sobriété au niveau du choix des effets DSP (un audiophile n'a pas forcément envie d'écouter de la musique de chambre dans un environnement acoustique simulant un hall de gare ou un stade de 10 000 personnes) prouve par ailleurs que l'AX-1000 n'est pas du genre à proposer des effets sonores aussi spectaculaires qu'inutiles. Par contre, il n'est pas déplaisant d'écouter Mozart en simulant l'acoustique de la Musikvereinsaal de Vienne. On s'y croirait.

La notice, très bien conçue, qui accompagne l'AX-1000 mériterait une traduction en français. Précisons qu'il faut un certain temps pour se familiariser avec le fonctionnement de cet appareil et surtout pour acquérir de la spontanéité dans l'accès à telle ou telle fonction. On se rendra alors compte de l'importance qu'il faut attribuer aux caractéristiques acoustiques du local d'écoute, qui est le dernier et l'un des plus importants maillons de la chaîne. Retenons malgré tout que cet appareil n'a pas la possibilité « d'améliorer » l'acoustique d'une salle. Il peut seulement en estomper certains défauts, ce qui peut s'avérer suffisant pour améliorer considérablement la qualité de restitution. Le Marantz AX-1000 sera là aussi pour démontrer que les enceintes linéaires à ± 2 dB près entre 30 Hz et 20 kHz à 10 000 F la paire n'existent guère que sur les catalogues.

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

LA MORT DU TUBE ?

A LA POURSUITE DU 300 B (SUITE)

Pierre Johannot - Héphaïstos



E

nfîn du concret ! Plus de théories fumeuses», se diront les audiophiles qui, alléchés par nos comptes rendus d'écoute, attendaient de pouvoir profiter des résultats de nos recherches. En attendant la description d'un amplificateur Héphaïstos réalisable par les lecteurs, les recherches menées par Pierre Johannot sur le Kaneda 50 W en application de nos théories, permettent déjà aux possesseurs de cet amplificateur une amélioration sensible de leur écoute. Ses recherches viennent en outre confirmer la validité de nos théories et permettent de comprendre certains effets subjectifs encore inexplicés.

L'écoute de l'amplificateur Héphaïstos — même en monophonie — cause un choc au moins égal à celui que l'on ressent lors d'une première écoute d'un amplificateur mono-triode type 300 B.

C'est alors qu'on prend conscience de l'importance fondamentale de l'amplificateur dans une chaîne, suivant son aptitude à transmettre plus ou moins fidèlement les informations qu'il reçoit.

A ce propos, tout le monde — ou presque — s'accorde sur l'insuffisance des mesures de distorsion classiques dans l'évaluation de la musicalité d'un amplificateur, ces mesures de distorsion ne pouvant servir utilement que d'aides à la conception d'un nouveau schéma.

Il est certain que l'approche

d'Héphaïstos, rigoureuse dans sa théorie et concrétisée par un résultat exceptionnel à l'écoute, va nous permettre de voir plus clair dans cet irritant problème.

Les principales conclusions des études d'Héphaïstos, à partir de ses travaux sur son amplificateur « de référence », peuvent se résumer de la façon suivante :

- l'offset de sortie d'un amplificateur, réinjecté à l'entrée par le circuit de contre-réaction, modifie le point de fonctionnement de l'amplificateur ;
- taux et spectre de distorsion vont varier au rythme de l'offset de sortie.

A quoi est dû cet offset de sortie ?

- au dérives de l'alimentation, lentes (variations du secteur) ou rapides (appel de courant sur transitoires) ;



— aux variations de température qui modifient les caractéristiques des semi-conducteurs. En particulier, la distorsion thermique transitoire dont l'analyse a été faite par Héphaïstos (1) apparaît comme un phénomène particulièrement important.

Cet offset de sortie va présenter un effet d'autant plus grand que l'amplificateur est dissymétrique. Avec une structure totalement symétrique (fig. 1), les effets d'offset devraient être bien mieux compensés.

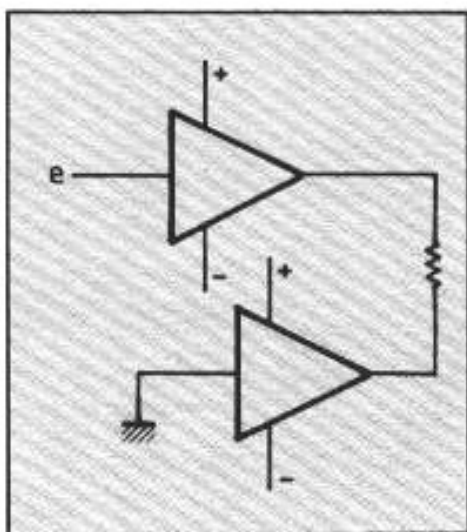


Fig. 1 : Amplificateur différentiel symétrique.

Examinons les différentes solutions possibles.

Le réglage optimal des amplificateurs

Dans la plupart des amplificateurs transistorisés courants, le réglage s'effectue sur l'amplificateur en boucle fermée, dans sa configuration définitive et se limite aux points suivants :

- réglage du courant de repos (classe AB ou A) ;
- réglage du zéro en sortie, l'entrée étant en court-circuit.

Sur les amplificateurs type Kanéda et en particulier sur le 50 W + 50 W classe A décrit dans ces colonnes (2), il existe un réglage complémentaire permettant d'optimiser la distorsion.

Reprenons le schéma du 50 W classe A (fig. 2).

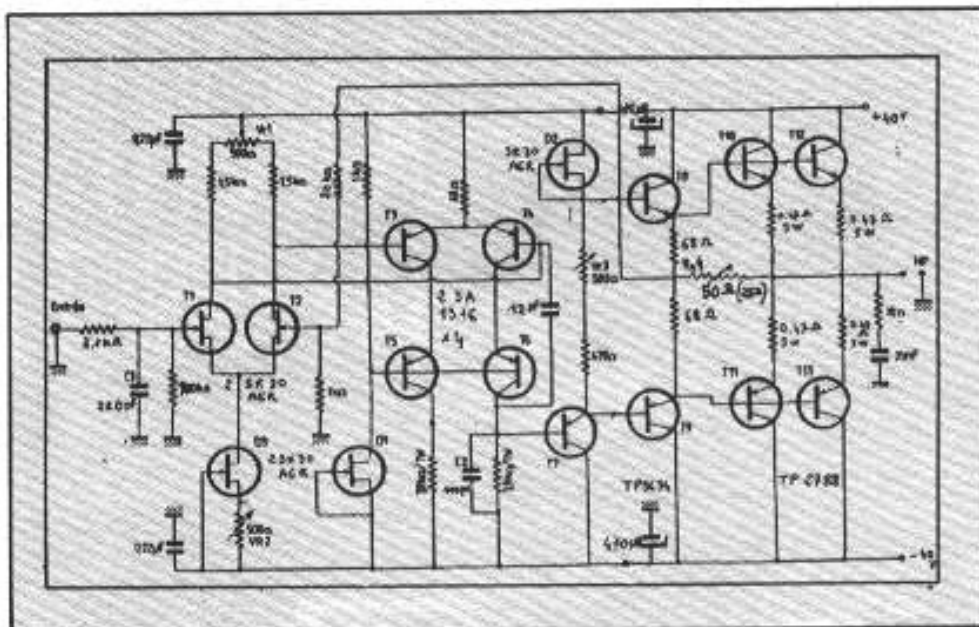


Fig. 2 : 50 W classe A.

Ce schéma correspond à un prototype utilisé pour des essais, différant légèrement du kit disponible à la Maison de L'Audioophile :

- résistances d'émetteurs de 68 Ω (au lieu de 150 Ω) dans les émetteurs de la paire de drivers TP 9634 (T8 et T9) ;
- résistance variable de 50 Ω (Vr4) ajustée à 25 Ω et permettant de faire varier l'impédance de sortie et donc le coefficient d'amortissement ;
- alimentation commune en + et - 40 volts pour la partie tension et la partie puissance, par alimentations régulées, elles-mêmes doublées sur chaque canal par des électrochimiques de 33 000 μF 63 V.

Réglage actuel :

Le réglage de l'appareil terminé s'opère ainsi :

- ajustage sommaire du zéro en sortie par Vr1 ;
- ajustage du courant de repos à 1,7 A par Vr3, soit une chute de tension de 400 mV par résistance de 0,47 Ω ; en fait, un courant global de 1,2 A (soit 280 mV) s'avère suffisant ;
- reprise du zéro en sortie ;
- ajustage de Vr2 pour obtenir le minimum de distorsion en sortie, en injectant un signal de 0,63 V crête en entrée correspon-

dant sensiblement à 10 W sur une résistance de 8 Ω , 50 watts ; — reprise des réglages une fois la température stabilisée.

En fait, à la lumière des études d'Héphaïstos, ce réglage n'est probablement pas optimal dans la mesure où la correction de l'offset de sortie se fait en modifiant le point de fonctionnement sur la caractéristique Entrée-Sortie.

Nouveau réglage (en boucle ouverte) :

Le nouveau réglage que nous avons réalisé sur notre maquette a été effectué avec une étape supplémentaire portant sur l'amplificateur en boucle ouverte. La suite des opérations se présente ainsi :

- Sur amplificateur terminé en boucle fermée :
 - réglage du zéro en sortie par Vr1 ;
 - réglage du courant de repos par Vr3 (280 mV/0,47 Ω) ;
 - réglage au minimum de distorsion par Vr2 pour 10 W en sortie environ ; à défaut de distorsiomètre, ce réglage s'opère facilement à l'oscillo ;
 - réglage de la tension négative d'alimentation, de manière à obtenir un écrêtage parfaitement symétrique. Pour une tension positive de 40,0 volts, la tension

négative optimale peut ainsi varier entre $-38,5$ et $-41,5$ volts environ.

Ces ajustements constituent une première approche du réglage optimal, de manière à pouvoir manipuler commodément sur l'appareil en boucle ouverte.

- On coupe ensuite une des pattes de la résistance de contre-réaction de $20\text{ k}\Omega$ (prévoir auparavant cette opération en soudant cette résistance à 2 cm environ du circuit).

- On effectue ensuite :

- un réglage du zéro en sortie par $Vr1$;

- un réglage de minimum de distorsion par $Vr2$. Dans le cas présent, puisque nous recherchons à réinjecter à l'entrée le minimum de dérive en continu, ce réglage peut s'effectuer très simplement de la façon suivante :

- on injecte un signal de 20 mV env. 1 kHz à l'entrée, de manière à avoir 10 V en sortie (on est en boucle ouverte...);

- on règle par $Vr2$ le zéro en sortie en raccordant un multimètre en position « tension continue ».

Cet ensemble de réglages successifs sur $Vr1$ et $Vr2$ doit être repris plusieurs fois sur un appareil parfaitement stabilisé en température ; on vérifiera à cet effet périodiquement la constance du courant de repos.

Il ne faut pas s'attendre à obtenir un zéro en sortie très stable en boucle ouverte ; le voltmètre continu oscille de $-0,3\text{ V}$ à $+0,3\text{ V}$ environ, même après stabilisation thermique. Pour éviter le fonctionnement intempestif de la protection haut-parleurs, il est recommandé de raccorder la résistance de charge de $8\ \Omega$ en amont de cette protection.

- Ces réglages une fois obtenus et stables, on ressoude la résistance de CR de $20\text{ k}\Omega$ — il est prudent de débrancher l'amplificateur avant, les fers à souder

n'étant pas à l'abri de fuites électriques — et on vérifie après stabilisation thermique que la dérive en continu reste admissible ($\pm 0,1\text{ V}$ pour fixer les idées).

Une fois la contre-réaction rebouclée, il ne faut surtout pas retoucher aux réglages sous peine d'avoir tout à reprendre en boucle ouverte !

Résultats subjectifs :

On a incontestablement gagné en propreté, et ce sur l'ensemble du spectre. On ne doit pas s'attendre, bien sûr, à retrouver la qualité du haut-médium d'un 300 B , mais l'amélioration est nette, d'autant plus que le réglage optimal est finalement plus simple (un contrôleur universel suffit).

L'essai d'un transformateur de sortie

Lors d'un précédent article (3), nous avons constaté que l'utilisation d'un transformateur $1/1$ en sortie d'un amplificateur à transistors non seulement n'en dégradait pas les performances subjectives, mais encore apportait une assez nette amélioration.

Il n'y avait donc, par principe, pas à fuir ce composant que

d'aucuns chargeraient de tous les défauts audio possibles, d'autant plus qu'il présente une vertu irremplaçable, celle de transmettre la bande audio utile en éliminant rigoureusement tout courant continu.

De plus, les performances audio constatées sur les transformateurs toriques d'alimentation — en particulier Metalimphy — sont excellentes (voire surprenantes pour des transformateurs destinés au 50 Hz) et largement suffisantes pour envisager une application à notre problème. Ceci est d'autant plus valable que nous nous limitons ici au rapport de transformation $1/1$.

Le schéma de principe utilisé est donné fig. 3.

L'amplificateur est toujours le 50 W classe A, dont la contre-réaction est raccordée à la charge connectée au secondaire du transformateur.

Le transformateur est un Mecagis/Metalimphy (4) de 330 VA , type MY 330-2 \times 40 V réf. 13/90. Un des enroulements 40 V est en sortie de l'ampli, l'autre raccordé à la charge de $8\ \Omega$

Lors des premiers essais, une légère oscillation est apparue, qui a pu être facilement éliminée en raccordant un circuit de com-

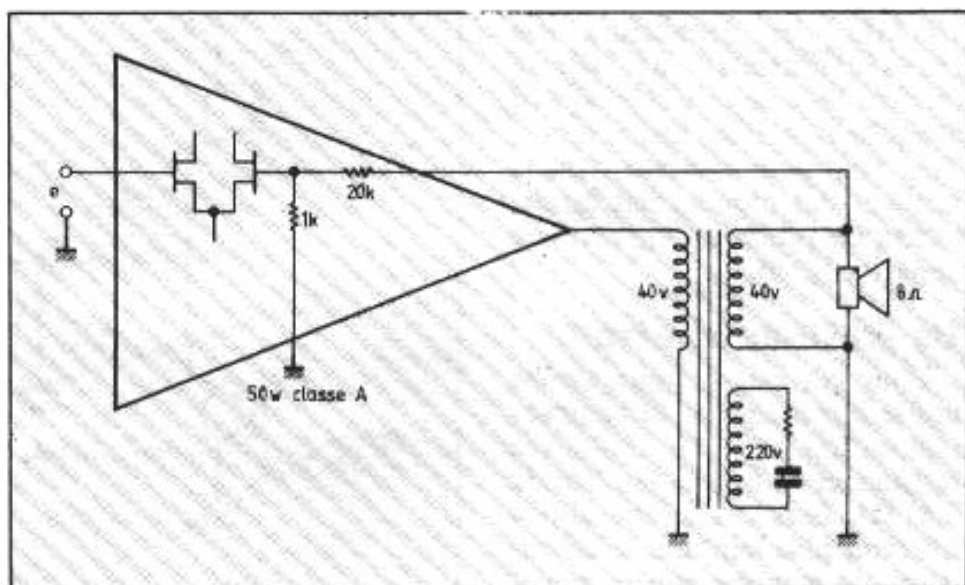


Fig. 3 : Essai d'un transformateur de sortie de rapport $1/1$ inclus dans la boucle de contre-réaction. Le circuit RC de compensation est constitué par $470\ \Omega + 6,8\text{ nF}$ en série sur l'enroulement 220 V .

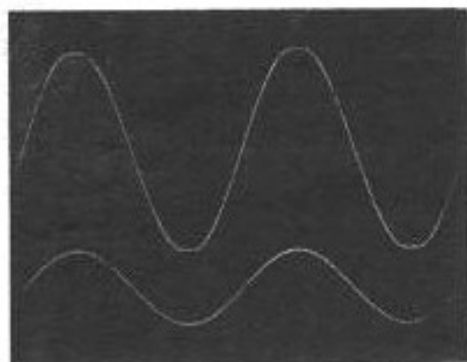


Fig. 4 : $V_e = 1,295 V_{eff}$; $V_s = 23,4 V_{eff}$, 1 kHz. Comportement à l'écrêtage (68 watts).

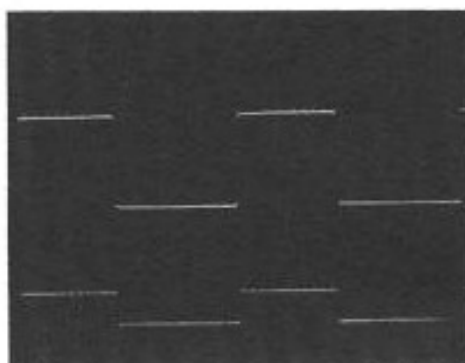


Fig. 5 : 1 kHz signaux carrés. $V_e = 2 V/C$; $V_s = 10 V/C$.



Fig. 6 : 15 Hz, signaux carrés ; $V_e = 2 V/C$; $V_s = 10 V/C$.

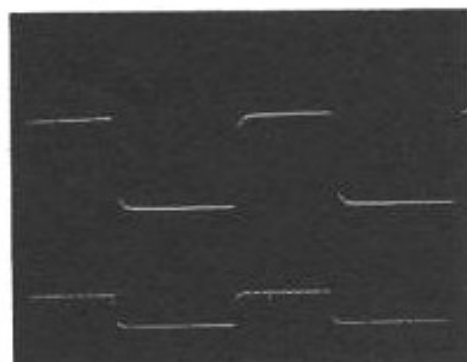


Fig. 7 : 10 kHz, signaux carrés ; $V_e = 2 V/C$; $V_s = 10 V/C$.



Fig. 8 : 100 kHz, signaux carrés ; $V_e = 2 V/C$; $V_s = 10 V/C$.

compensation RC sur l'enroulement 220 V inutilisé ($470 \Omega + 6,8 nF$).

Performances

Celles-ci sont résumées dans les figures 4 à 8.

Les performances sont assez ahurissantes, surtout à 15 Hz et 100 kHz, les détracteurs des transformateurs de sortie feraient bien de réfléchir un peu avant de lancer des anathèmes... Tout était pour le mieux dans le meilleur des mondes des essais, lorsqu'un problème imprévu est apparu (fig. 9).

Un problème imprévu

Pour ces essais, nous avons utilisé une maquette ne comportant qu'une paire TP 2788, avec résistances de $0,39 \Omega$ (au lieu de $0,47 \Omega$). Lors des essais subjectifs (voir plus loin) qui se déroulaient de manière apparemment satisfaisante, une vérification des courants de repos par mesure des tensions aux bornes des résis-

tances d'émetteur de $0,39 \Omega$ 5 W a donné les résultats suivants : 0 V sur l'une, 0,6 V sur l'autre, ce qui montrait qu'un des transistors fonctionnait en classe B, l'autre en classe A ! La manœu-

vre de Vr1 a permis de rétablir l'équilibre, mais pas pour très longtemps ; au bout de quelques secondes (10 à 20), on observait un phénomène de blocage d'un des deux transistors, soit le P, soit le N, de manière assez aléatoire.

Le plus surprenant dans l'affaire est que ce phénomène pour le moins perturbateur restait à peu près totalement indétectable à l'écoute, ce qui confirme l'effet bénéfique des transformateurs de sortie...

L'analyse du problème est assez simple : l'enroulement primaire du transformateur (fig. 9) raccordé à l'étage de sortie de l'ampli constitue pour celui-ci un court-circuit en courant continu,

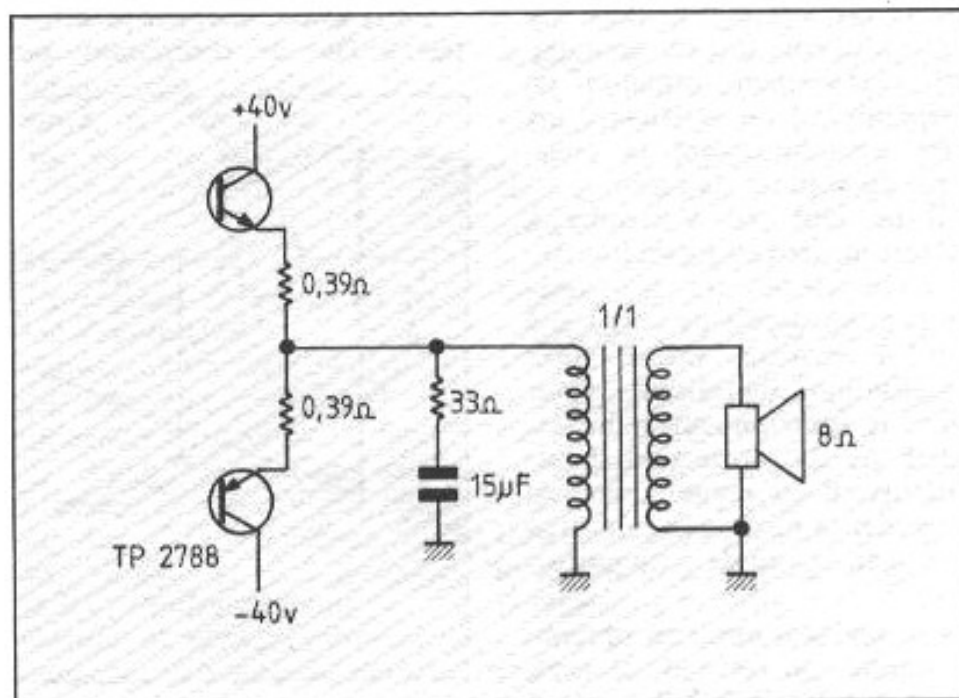


Fig. 9 : Un problème imprévu : le court-circuitage au continu des transistors de sortie.

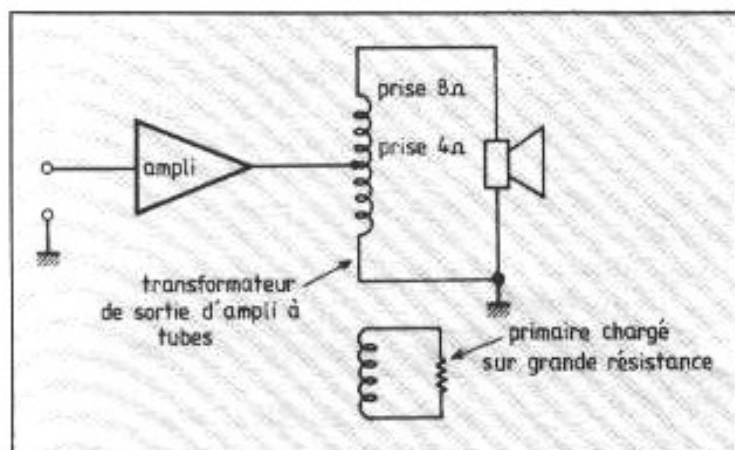


Fig. 10 : Système SEREA.

d'où un équilibrage instable des courants entre chacun des transistors

Il est très surprenant que ce problème particulier n'ait pas été évoqué dans la littérature. Bien sûr, il existe assez peu d'amplificateurs à transistors utilisant un transformateur de sortie, à part Mac Intosh. D'autre part, il convient d'évoquer ici le système SEREA (fig. 10) qui suscita beaucoup de réflexions, sinon d'enthousiasme dans les années 70.

Il est incontestable que ce système devait — ou au moins pouvait — provoquer un court-circuit en sortie des amplificateurs pour le courant continu ; il

en va de même pour le montage à transformateur utilisé dans nos essais antérieurs (3). Le court-circuit en continu des transistors de sortie serait-il bénéfique (bien que peu orthodoxe) ?...

La solution

La solution adoptée pour résoudre ce problème est très simple : nous avons installé en série avec l'enroulement primaire une résistance de 15 Ω 5 W shuntée par deux capacités électrochimiques tête-bêche de 4 700 μF (fig. 11).

Ce dispositif maintient l'équilibrage des courants dans l'étage de sortie en restant absolument transparent à l'écoute ; une

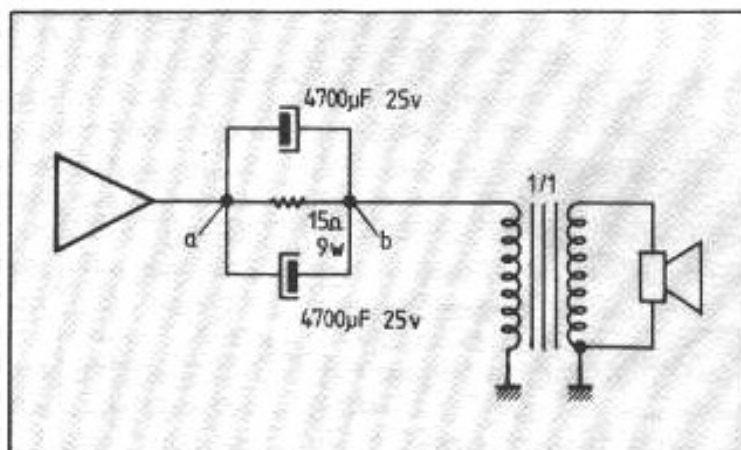


Fig. 11 : Charge en continu du primaire.

mesure de tension entre a et b indique d'ailleurs une chute de tension quasi nulle en continu comme en alternatif.

Les résultats subjectifs

Ils sont tout de suite excellents ; l'écoute n'a plus rien à voir avec celle d'un amplificateur à transistors, même bon ; on retrouve le haut-médium caractéristique du 300 B, ou au moins quelque chose qui s'en rapproche. On a complètement supprimé les attaques râpeuses des voix masculines, tout coule de source dans une musicalité sans problème... De plus, la dynamique a fait un bond spectaculaire, comme si on se retrouvait devant un ampli sans contre-réaction...

Il semble bien qu'un grand pas ait été effectué dans le sens de la musicalité, le transformateur évitant de réinjecter du continu dans l'étage d'entrée par l'intermédiaire de la contre-réaction, suivant en cela les principes préconisés par Héphaïstos.

Ce résultat prometteur ayant été obtenu, la voie expérimentale était toute tracée : une solution bien plus simple pour éviter la réinjection de continu par la contre-réaction consistait à utiliser une capacité en série avec elle.

Capacité en série avec la Contre-Réaction

Pour cet essai, nous reprenons

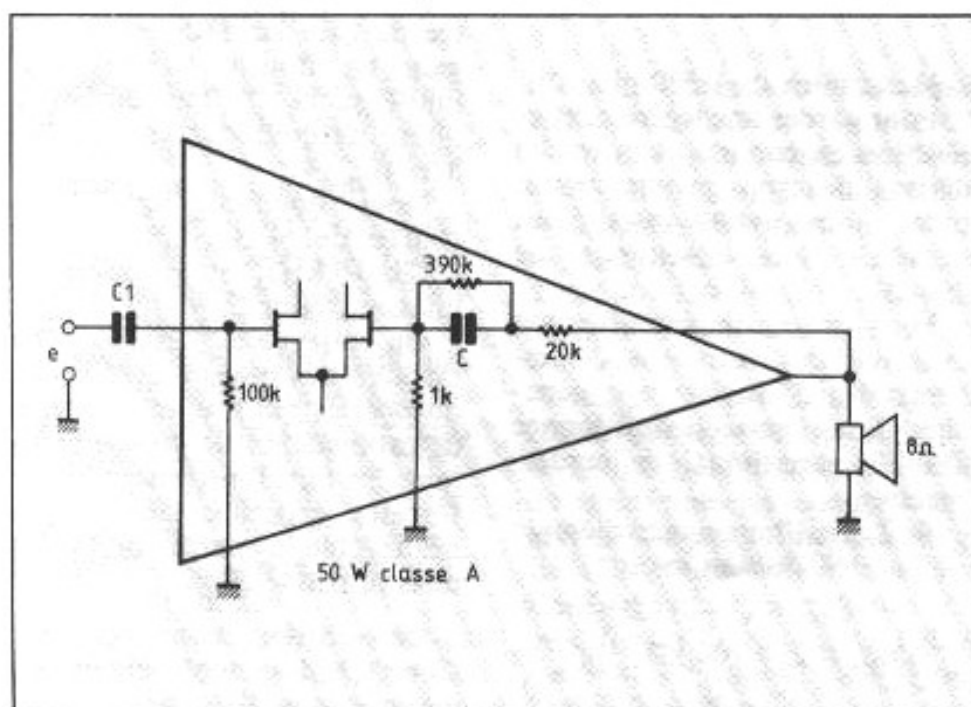


Fig. 12 : Introduction d'une capacité C dans la boucle de contre-réaction.

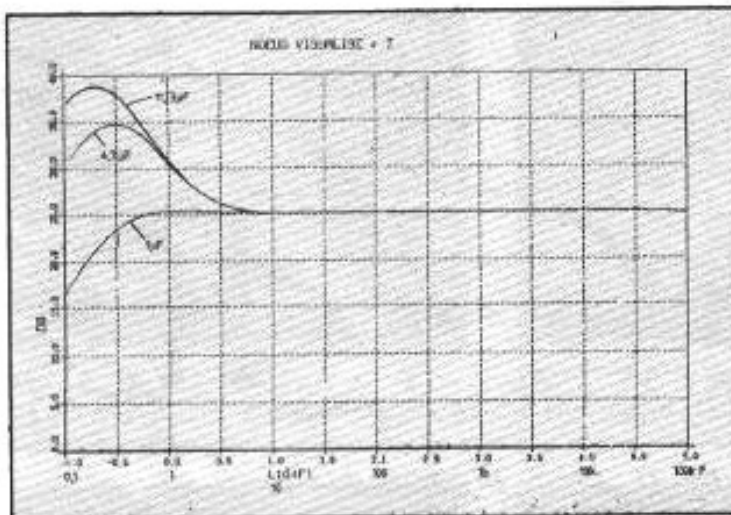


Fig. 13 : Bande passante de l'ampli modifié, pour trois valeurs de la capacité d'entrée, $C_{CR} = 4,7 \mu F$.

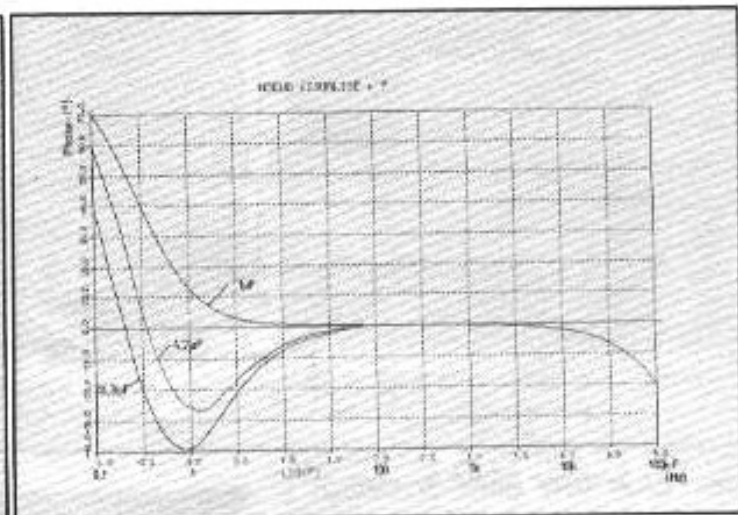


Fig. 14 : Courbes de phases de l'ampli modifié pour trois valeurs de la capacité d'entrée. Les valeurs de 4,7 et 11,3 μF sont subjectivement favorables.

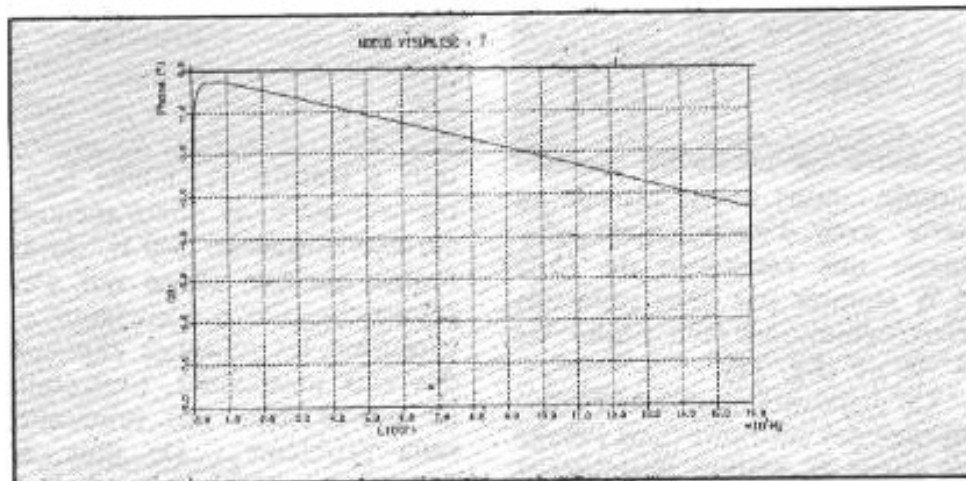


Fig. 15 : Courbe de phase pour $C_1 = 11,3 \mu F$. Coordonnées linéaires 10 Hz à 16 kHz.

le schéma du 50 W classe A en introduisant cette fois-ci une capacité C en série avec la résistance de contre-réaction de 20 k Ω (fig. 12).

Le calcul de C est assez simple. Si on admet une coupure basse de 10 Hz pour la CR, C est telle que $\frac{1}{2\pi RC} = 10$ d'où $C = 0,8 \mu F$. Cette valeur reste raisonnable et n'oblige pas à recourir à des électrochimiques.

En fait, pour éviter toute rotation de phase en extrême-grave, nous avons adopté $C = 4,7 \mu F$ qui conduit à une capacité type polyester métallisé, tension tenue 63 V, de taille raisonnable.

Celle-ci est doublée par une

capacité mica de 1 500 pF.

Pour garder une légère contre-réaction en continu et éviter les dérives de trop grande amplitude, nous avons installé en parallèle une résistance de 390 k Ω .

Pour éviter une amplification exagérée des infrasons, il est nécessaire d'installer une capacité C_1 en entrée, coordonnée avec la capacité C de contre-réaction.

Si Z_e est l'impédance d'entrée de l'ampli, on doit avoir :

$$C_1 Z_e = C \cdot 20 \text{ k}\Omega$$

$$\text{D'où, si } Z_e = 100 \text{ k}\Omega,$$

$$C_1 = \frac{4,7 \times 20}{100} \approx 1 \mu F$$

Pour évaluer les performances

du montage modifié, nous avons repris la modélisation donnée dans la référence (3) pour le 50 W.

La courbe de réponse globale de l'ampli modifié est donnée fig. 13. On voit que la capacité d'entrée C_1 de 1 μF convient a priori et conduit à une coupure basse à -3 dB de 0,3 Hz. La bande passante a été également tracée pour les valeurs de 4,7 et 11,3 μF , des valeurs de capacité plus élevées s'avérant plus satisfaisante à l'écoute, comme nous le verrons par la suite. La remontée de gain en TBF est due au gain en Boucle Ouverte non limité par la CR. Les courbes de phase correspondantes sont données fig. 14.

Nous donnons fig. 15 la courbe de phase dans la zone 10 Hz-16 kHz, en coordonnées linéaires, pour $C_1 = 11,3 \mu F$.

On voit que la phase varie de manière très linéaire avec la fréquence, ce qui traduit un temps de propagation de groupe constant. En fait, l'influence des différentes capacités essayées est négligeable à partir de 20 Hz dans la bande audio.

Le choix subjectif de $C_1 = 11,3 \mu F$ semble cependant montrer que les problèmes de phase dans l'extrême-grave ne sont pas à éluder...

Résultats subjectifs

Une première écoute avec une capacité d'entrée $C_1 = 1 \mu\text{F}$ s'avère déjà extrêmement satisfaisante. On retrouve les qualités des amplificateurs sans contre-réaction :

- finesse du haut-médium (toujours comme le 300 B) ;
- sentiment de puissance sans contrainte.

Un doute subsistant dans grave, nous sommes passés pour la capacité d'entrée C_1 à $4,7 \mu\text{F}$, puis à $11,3 \mu\text{F}$. Cette dernière valeur était réalisée par un condensateur polypropylène $8 \mu\text{F}$ en parallèle avec un polyester métallisé $3,3 \mu\text{F}$.

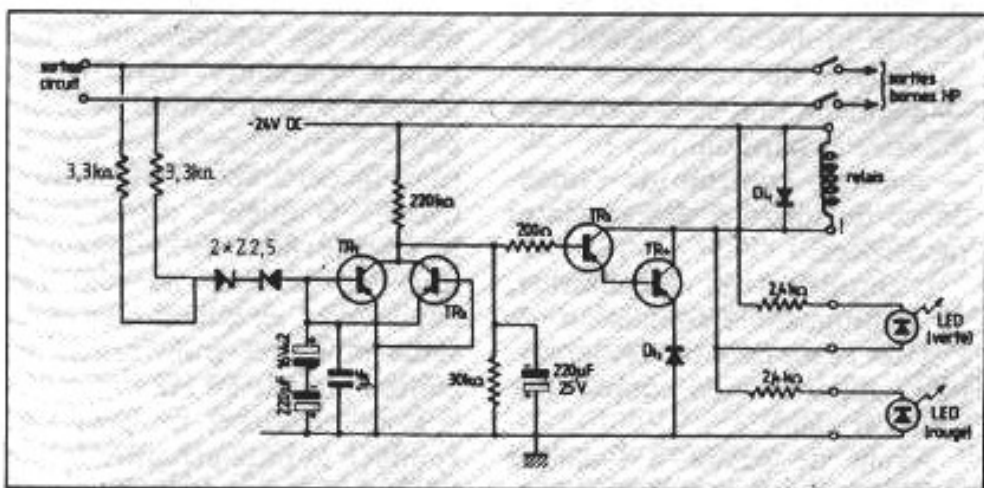


Fig. 16 : Élévation du seuil de la protection Haut-Parleurs par deux zeners de 2,5 volts.

Les résultats obtenus alors ont dépassé toutes nos espérances, compte tenu des faibles moyens somme toute mis en œuvre :

- le haut-médium évoque tout à fait le 300 B, avec sa finesse caractéristique sur les voix féminines en particulier ;
 - suppression des attaques désagréables des voix masculines parlées (typiques chez certains commentateurs...) ;
 - réapparition de micro-informations ;
 - grave très propre, non isolé des autres registres ;
- et on retrouve toujours cette impression de puissance illimitée qui permet d'écouter à haut niveau sans un besoin irrésistible de « baisser le son ».

La comparaison avec le montage précédent à transformateur de sortie n'est pas évidente ; les deux montages présentent une sonorité assez voisine, avec la dynamique propre aux schémas sans contre-réaction. Ce premier résultat est très satisfaisant, puisqu'il montre une convergence vers un certain idéal (l'amplificateur Héphaïstos...), avec des moyens radicalement différents : un transformateur d'un côté, une capacité de l'autre.

Modifications et améliorations

L'amélioration de la qualité

énoncés pourra faire l'objet d'une étude ultérieure.

Un problème est apparu cependant : du fait de la suppression de la contre-réaction aux très basses fréquences, la stabilisation de l'offset de sortie avec la température est beaucoup plus lente. Il devient nécessaire d'augmenter le seuil de déclenchement de la protection Haut-Parleurs (cf. fig. 16), par exemple à l'aide de deux zeners de 2,5 volts en opposition.

L'offset subsistant en sortie, voisin de $\pm 300 \text{ mV}$, est totalement inaudible et ne semble présenter qu'un inconvénient tout théorique, en regard des avantages obtenus...

Processus de réglage

La mise à point des amplificateurs modifiés s'effectue en boucle ouverte comme nous l'avons vu précédemment :

- réglage du courant de repos ;
- réglage du zéro en sortie par Vr1 ;

Dans le cas du transformateur, il faut bien entendu se mettre du côté ampli (et non du côté charge !).

- réglage de la symétrie du signal (associée au minimum de distorsion) par Vr2 ;
- reprise des réglages après stabilisation thermique ;
- fermeture de la boucle.

Du fait de l'absence de contre-réaction en continu, il est possible de reprendre le réglage du zéro en sortie dans le cas du condensateur après fermeture de boucle.

Mesures (classiques...)

Elles sont très décevantes, en ce sens qu'il n'y a pratiquement aucune différence visible tant à l'oscilloscope qu'aux mesures entre l'ampli initial et les montages modifiés...

Ceci montre bien que de nouvelles méthodes de mesure seront indispensables pour valider les tests subjectifs.

d'écoute obtenue avec le 50 W classe A avec capacité en CR nous a conduit aux modifications suivantes, devenues alors évidentes à l'oreille :

- suppression du filtre d'entrée $2\ 200 \Omega + 220 \text{ pF}$ qui est responsable d'un certain manque de transparence ;
- remplacement du préamplificateur utilisé pour les essais par un simple potentiomètre double, au moins pour les sources à haut niveau (Tuner et Compact Disc). En effet, le préampli utilisé (un Kanéda) n'a pas encore été modifié au niveau de sa CR et semblait « brider » quelque peu l'amplificateur.

L'étude d'un préampli Kanéda amélioré suivant les principes

Conclusion à partir des résultats précédents

Un récapitulatif des expériences effectuées peut être établi :

- réglage optimal sur ampli normal, non modifié ;
- essais sur maquette avec transformateur de sortie (mono) ;
- essais sur maquette avec condensateur dans la CR (mono) ;
- essais sur deux 50 W classe A stéréo avec condensateurs ;

Un point commun à toutes ces écoutes : le temps de « chauffe », de l'ordre d'une quinzaine de minutes sur le 50 W classe A par exemple pour que la musicalité soit optimale, est pratiquement réduit à néant sur l'ensemble des montages : le son est bon tout de suite...

Tous ces essais ont apporté des résultats subjectifs extrêmement satisfaisants. Le plus significatif est que le son obtenu est devenu extrêmement proche d'un montage à l'autre (ce qui ne l'était pas avant modifications...) malgré les différences existant entre eux. Le fameux (tristement...) « son transistor » semble avoir complètement disparu.

La partie est-elle définitivement gagnée ? Peut-être pas entièrement, mais enfin l'on sent bien que l'on quitte le domaine du non-rationnel, voire du passionnel, pour se retrouver sur un terrain scientifiquement plus solide où l'on va pouvoir appréhender les paramètres importants.

A posteriori, il peut paraître rageant d'avoir attendu aussi longtemps pour aboutir à des modifications aussi simples, mais il semble bien que personne n'en ait vu l'intérêt avant qu'Héphaïstos ne le formule clairement : ne pas réinjecter l'offset (continu, pseudo-continu ou très basses fréquences) dans la boucle de contre-réaction, ce qui est en pratique

réalisé depuis toujours dans les amplis à tubes...

Il est réconfortant de voir a posteriori justifiées certaines constatations souvent formulées, mais restant du domaine du subjectif :

- La sonorité très généralement appréciée des amplificateurs à tubes, qui est en fait préservée par leur transformateur de sortie (et non dégradée !).

- Le son « transistor », qui semble en fait bien dû à la réinjection par la CR de l'offset continu ou TBF de sortie ; plus cette CR est importante, plus l'offset sera désastreux.

- Par contre, la suppression pure et simple de la CR, qui résout bien le problème précédent, va en soulever de nouveaux :

- augmentation de la distorsion (linéaire et harmonique) ;

- mauvais contrôle de l'impédance de sortie et des enceintes raccordées.

L'amplificateur Héphaïstos, en conjuguant l'annulation de l'offset et un taux de CR important, apparaît bien comme une solution idéale...

Avant de passer à l'analyse théorique du phénomène, il convient de mettre en garde les lecteurs prêts à prendre leur fer à souder pour transformer leur ampli favori en 300 B :

- les essais précédents ont été faits en laboratoire, où l'on pouvait surveiller en permanence tout risque de dérive continue importante et tout risque d'oscillation ;

- le schéma de base utilisé est celui du 50 W classe A, schéma très stable en boucle ouverte ou fermée et à gain en boucle ouverte modéré, ici dans une version à alimentations régulées performantes.

A cette date, il n'est pas évident que beaucoup d'appareils commercialisés, qui présentent souvent des gains en BO importants, soient capables de supporter les modifications effectuées, que ce soit l'utilisation d'un

transformateur en sortie ou un condensateur en CR.

En particulier, tous les schémas incluant un ampli op pour le gain en tension seront difficiles, voire impossibles à adapter.

De plus, les modifications envisagées peuvent s'avérer délicates avec certains schémas, notamment les 8, 20 et 30 W classe A de type Hiraga qui ont des résistances de CR faibles, ce qui conduirait à des valeurs de capacité trop importantes pour n'être pas électrochimiques et donc peu satisfaisantes à l'écoute.

Enfin, les transformateurs disponibles, utilisés en rapport 1/1, n'ont pas forcément les performances des Metalimphy ; une bande passante insuffisante associée à des rotations de phase peuvent conduire à des oscillations incoercibles, voire dévastatrices... D'ailleurs, même parmi les transformateurs Metalimphy, tous les modèles ne sont pas équivalents, ce qui est bien excusable pour des transformateurs conçus pour le 50 Hz !

Pour conclure, on peut voir combien la lutte acharnée contre l'offset de sortie au moyen de circuits sophistiqués type Super Servo ou autres, a pu aboutir à des solutions anti-musicales qui auront poussé — a contrario — beaucoup de concepteurs à rejeter toute forme de contre-réaction !

Une tentative d'explication

Si l'on reste dans le domaine linéaire, les effets constatés sont inexplicables : les contre-réactions des amplificateurs modifiés conservent des bandes passantes telles qu'elles agissent à partir de quelques hertz, et donc la modification effectuée devrait être inaudible, voire défavorable.

Il faut donc considérer que des sources d'offset à très basse fréquence ont un effet perturbateur

qui se trouve réduit par la modification effectuée.

Les deux principales causes d'offset associé au signal utile désignées par Héphaïstos sont :

— la distorsion thermique (dont le mérite de la mise en évidence lui revient pleinement) ;

— les alimentations et leur temps de réponse (longtemps mises en cause par les Audiophiles).

Prenons le cas particulier de la distorsion thermique : du fait de l'échauffement de la puce dans les transistors de sortie, l'offset va être modulé au rythme des contraintes thermiques subies par le transistor, et donc va se traduire par des tensions unipolaires grossièrement proportionnelles au carré du courant.

Compte tenu des constantes de temps mises en cause dans la distorsion thermique (une fraction de seconde), seuls les phénomènes transitoires TBF tels qu'ils apparaissent en régime musical pourront moduler l'offset de sortie et donc produire un effet perturbateur. Cet effet n'apparaîtra pas en régime sinusoïdal permanent, et ce dans toute la bande audible (20 Hz-16 kHz), d'où confirmation de la portée limitée des mesures classiques.

Il est significatif de constater que les constantes de temps thermiques observables dans les transistors sont du même ordre de grandeur que les constantes de temps électriques de la boucle de contre-réaction incluant une capacité mise en œuvre dans les essais précédents.

Autres réflexions confirmant cette approche

— On explique parfaitement les différences de sonorité des transistors de sortie dont les puces ne présentent pas les mêmes structures et donc les mêmes constantes thermiques, de même que les différences de sonorité ressenties entre les transistors en boîtier métallique TO3 et leurs homologues moulés.

— Les transistors polarisés en

classe A et donc « chauds » en permanence présentent moins de variations d'offset que dans le cas d'une polarisation en classe AB.

— Les montages de type cascode réduisant en annulant la distorsion thermique sont beaucoup plus musicaux à l'écoute.

— **Les tubes ne présentent pas de distorsion thermique...**

Comment agit l'offset une fois réinjecté à l'entrée de l'amplificateur par la contre-réaction ? Il va (cette analyse est due à Héphaïstos) modifier le point de fonctionnement sur la caractéristique entrée-sortie de l'amplificateur et donc faire varier le taux d'harmoniques tout le temps que va durer le régime transitoire, c'est-à-dire presque en permanence en régime musical (et pas du tout en régime sinusoïdal permanent...) !

On explique ainsi le paradoxe des amplificateurs très bons aux mesures qui, par raison de symétrie et idéalement réglés, ne devraient présenter que des harmoniques impairs. Une dérive transitoire d'offset va déplacer le point de fonctionnement sur la caractéristique entrée-sortie et faire apparaître brusquement des harmoniques pairs.

Par contre, dans le cas d'un amplificateur présentant une caractéristique dissymétrique et donc à prédominance d'harmoniques pairs, cette modification de spectre sera plus faible et donc moins douloureusement perçue... **Le cas du 300 B est probablement un cas idéal où le spectre de distorsion demeure remarquablement constant en fonction du signal, quelles que soient les perturbations réinjectées...**

Les explications d'Héphaïstos

Je suis heureux qu'un chercheur opiniâtre comme Pierre Johannet mette nos théories en application dans ses recherches,

surtout avec autant de bonheur. En effet, si ces théories sont exactes (comme je le crois), elles devraient trouver de multiples applications. Malheureusement je manque de temps et ne peux me consacrer qu'à l'essentiel.

J'ai été le premier surpris par les étonnants résultats des essais de Pierre Johannet ; non que j'aie des doutes sur mes théories, mais je pensais que leur application devait être plus complète pour qu'il soit possible d'en percevoir les effets. Mais un peu de réflexion m'a montré que les modifications fort simples qu'il propose, ont été faites dans un contexte très particulier qui leur donne toute leur valeur.

Nos théories sur l'effet de l'offset dans les amplificateurs contre-réactionnés ont été exposées dans le n°15 — nouvelle série — de l'Audiophile ; il suffit donc de les résumer avant de voir comment elles s'appliquent dans le cas des expérimentations décrites dans cet article : **dans un amplificateur contre-réactionné, les variations de signal continu réinjectées par la boucle de contre-réaction font varier le point de fonctionnement du différentiel d'entrée ; il en résulte une variation du contenu spectral des distorsions à laquelle l'oreille est extrêmement sensible.**

L'effet SEREA

Les expérimentations récentes de Pierre Johannet permettent enfin de comprendre le mystérieux effet Serea ; elles permettent également de comprendre ses anciennes expérimentations (3).

Comme souvent la vérité ne semble pas s'être cachée là où on la recherchait, elle ne concernait pas l'interface amplificateur-haut-parleur pour l'effet Serea, elle n'impliquait pas non plus les câbles dans les essais de Pierre Johannet.

L'explication des améliorations subjectives obtenues tient à

la contre-réaction : dans les deux cas une charge de faible valeur en continu a été branchée en sortie d'un amplificateur à transistor contre-réactionné ; celle-ci forme, avec l'impédance de sortie en boucle ouverte (d'une valeur équivalente à la résistance d'émetteur des transistors de puissance), un atténuateur pour les signaux continus et très très basse fréquence ; la réinjection de ces signaux dans l'étage d'entrée par la boucle de contre-réaction est donc fortement diminuée, avec tous les avantages décrits par nos théories.

Le même effet doit être obtenu en branchant une self en parallèle avec le haut-parleur (comme par exemple le transformateur utilisé par Pierre Johannet, avec son secondaire non chargé). A l'heure où j'écris ces lignes, cette expérience n'a pas encore été faite, mais cela ne saurait tarder et nous vous tiendrons au courant. A suivre donc !

Les dernières expérimentations

Je dois mettre en garde les lecteurs qui pourraient croire que les résultats obtenus par Pierre Johannet sont accessibles sur tout amplificateur à transistor contre-réactionné : en effet, ici les circonstances étaient très particulières et exceptionnellement propices. Les dérives dont la

réinjection est nocive proviennent essentiellement des dérives thermiques des transistors et de celles des alimentations.

Dans le cas de l'amplificateur utilisé, il y avait trois circonstances extrêmement favorables :

- l'étage d'entrée est constitué de deux transistors 2SK30AGR. Or dans nos expériences sur la distorsion (1), nous avons constaté que ce transistor semblait dépourvu de distorsion thermique !

- l'étage de sortie est polarisé en classe A, qui correspond à une dissipation moyenne constante ; cela entraîne une température plus stable pour les transistors de sortie.

- les alimentations étaient stabilisées par un circuit particulier défini par Pierre Johannet.

Sans expérimentation complémentaire, il est difficile de faire la part des choses et de préciser le rôle respectif de ces trois facteurs dans l'obtention de ces résultats prodigieux. Alors soyez prudents ! Votre amplificateur n'a peut-être pas les qualités initiales de celui utilisé pour ces essais. Si néanmoins vous vous lancez dans des essais et que vous obtenez des résultats intéressants, faites-le nous savoir ! De toute manière, à l'issue des essais complémentaires qui sont en cours, nous prévoyons de publier la configuration complète qui aura donné les meilleurs résultats. Affaire également à suivre !

Conclusion

Faut-il conclure, comme le suggère notre titre provocateur, que maintenant le tube est mort en audio ? Gardons-nous d'une telle fanfaronnade que certains ont déjà commise il y a environ vingt ans, avec la suite que nous connaissons ! Mais constatons que, maintenant que la technologie du transistor est en mesure de surmonter ce qui semble être ses deux handicaps par rapport au tube (ses dérives thermiques et sa basse impédance de sortie directement compatible avec celle des haut-parleurs sans transformateur), il est probable que les audiophiles se tourneront un peu plus vers le transistor enfin dompté. Mais avec ces diables d'audiophiles, tout est à craindre et peut-être que dans quelques temps, il se trouvera encore quelques irréductibles pour trouver des avantages au tube et pas forcément sans raisons ! Qui vivra, verra !

(1) L'Audiophile n° 32, Héphaïstos : « La distorsion thermique : elle existe, je l'ai rencontrée », mai 1984.

(2) L'Audiophile n° 43 et 1 (nouvelle série), P. Johannet-W. Walter : « Un amplificateur classe A 50 W + 50 W ».

(3) P. Johannet : « A la poursuite du 300 B, ou de l'intérêt des liaisons inductives avec les haut-parleurs », L'Audiophile n° 16, juin 91.

(4) Metalimphy, Z.I. d'Amilly, 45200 Montargis.

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

La musique sur un triangle

(II)

Claude Bailblé



L'imagerie stéréophonique surgit de deux projecteurs qui entrecroisent leurs ondes, tandis que l'imagerie cinématographique émerge d'un unique faisceau qui disperse ses rayons sans jamais les mélanger. De sorte que, si le spectateur — indifférent au relief — choisit librement sa place devant l'écran, l'auditeur — à la recherche de l'espace sonore — est invité à centrer son écoute à l'exact sommet d'un triangle de réception. Ainsi installé, le mélomane retrouve les intentions du compositeur aussi bien que le style des interprètes. Encore faut-il que l'ingénieur du son ait habilement contourné les insuffisances de la projection stéréophonique...

Chaque acoustique (réverbération), chaque formation (effectifs), chaque dispositif orchestral (spatialisation), chaque morceau même (jeu instrumental) appellent à **un placement conséquent des micros devant les musiciens**. Car en même temps qu'elle prive l'auditeur de la vue sur l'orchestre, la transcription stéréophonique — purement auditive, donc — lui accorde ses propres distorsions, ses propres artefacts. Aussi, la captation micro-

phonique capable de restaurer l'impression de concert est-elle faite de subtilités, de dosages, de contre-mesures, de procédures particulières. Seule une stéréophonie bien conçue, déployant une profondeur et une largeur de champ plausibles, étageant les plans sonores, redonne à l'oreille le plaisir de goûter les entrées instrumentales, de suivre les lignes mélodiques, de conduire librement l'écoute sur l'architecture musicale enfin retrouvée.

Le fauteuil idéal

Souvent, dans les salles de concert, le tarif d'entrée varie avec l'emplacement du fauteuil. Certaines rangées, plus chères, laissent penser au « fauteuil idéal » : on y **voit** bien, on y **entend** au mieux. On est à la bonne distance, sous le bon angle. A la *bonne distance* : ni trop près pour capter les sons durs, acérés, les transitoires d'attaque en gros plan ; ni trop



Le fauteuil idéal ? mais vous y êtes !

loin pour se perdre dans le halo, le flou émoussé de la réverbération, le masquage son sur son. L'auditeur est alors au double (1) de la *distance critique* (d_c) du local. Sous le *bon angle* : le podium est perçu dans un arc de 50 à 60° environ. Cette constatation pourrait bien se fonder sur les conditions mêmes de la perception auditive. D'abord parce que les instruments doivent pouvoir se distinguer, se démêler musicalement ; or, au-delà de $\pm 30^\circ$ d'obliquité, la localisation se fait moins précise, le « piqué » spatial diminue, la confusion gagne. Le minimum d'angle audible (MAA = 2°) devient grossier (supérieur à 5°) et ne permet plus de séparer les sources ponctuelles de manière convenable [cf. fig. 1]. Si le hors champs, diffus, enrobant, profite de ce flou auditif, la scène orchestrale s'en accomode mal : autant la contenir dans les limites du « piqué » directionnel. On sait, en effet, à quel point l'écoute focalisante — intentionnellement dirigée — s'appuie sur la localisation sélective des sources. Le zoom de l'attention auditive ne saurait détailler au-delà du minimum d'angle audible (2°) pas plus

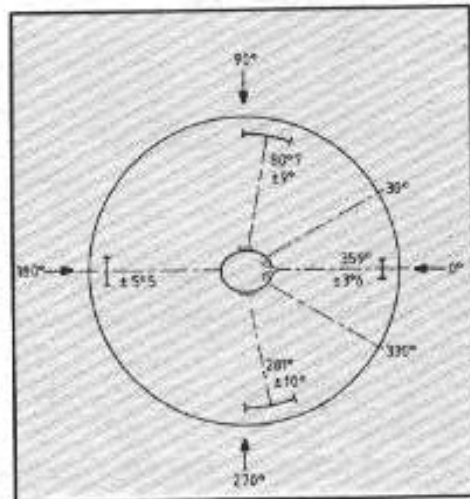


Fig. 1 : Pouvoir séparateur angulaire dans le plan horizontal. Les sources → réellement placées à 0° , 90° , 270° sont entendues avec une marge d'erreur et une certaine dispersion → (d'après Blauert « Spatial Hearing », MIT Press, 1983).

qu'il ne saurait s'élargir au-delà du « cône de présence » (60°) qui polarise le champ frontal de l'audition. Une utilisation pleine et entière de la faculté d'entendre (l'écoute sélective, en libre parcours sur l'architecture musicale) impose donc un placement sous l'angle de champ maximal de 60°

Il faut ajouter aussitôt qu'un fauteuil trop éloigné (du point de vue de l'ouvreuse, en quelque sorte) ferait entendre l'orchestre

sous un angle trop resserré (10° ?) mobilisant la tension auditive, et séparant trop succinctement les pupitres. La musique, compacte, rétrécie, serait du reste écrasée par la distance en un seul plan de profondeur.

Enfin un placement trop rapproché (à proximité du chef d'orchestre) donnerait des gros plans aux instruments du centre, trop avantagés, tandis qu'il installerait les instruments des bords — côté cour ou côté jardin — dans une perspective exagérée ou dans un éloignement excessif. En outre, entendus au grand angle, les départs instrumentaux déclencheraient continuellement des réactions d'orientation, des saccades auditives incessantes provoquées par la survenue de sons trop latéraux et, par ailleurs, trop obliques pour la vue. De sorte qu'à chaque saccade, la conscience musicale viendrait s'abolir dans une conscience plus frustrée, un peu trop alertante, celle du repérage spatial réflexe. Ces perceptions externes, trop présentes (sauf peut-être pour certaines musiques) étoufferaient — par leur à-coups répétés — le mouvement imaginaire, immatériel, que nous prêtons aux lignes musicales, à mi-chemin entre l'orchestre et nous (2).

A la bonne distance, sous l'angle adéquat, le « fauteuil idéal » pourrait trouver finalement son assise dans la psychophysologie de l'audition. L'angle de champ à 60° paraît dépendre du *colliculus*, structure sous-corticale chargée du repérage directionnel des sons [cf. fig. 2]. Dans le *colliculus* inférieur (CI), l'azimut directionnel est comme cartographié, tandis que des cellules de type *tonique* — c'est-à-dire répondant pendant toute la durée du stimulus — semblent indiquer « il y a » « dans cette direction » « un son » car la fibres nerveuses sortantes gagnent la *formation réticulée ascendante* (FRA),

« centre de gestion » de la vigilance, du cerveau éveillé. Dans le colliculus supérieur (CS), le champ audio-visuel est détaillé, lui aussi en termes directionnels : chaque point de l'espace-objet est représenté avec une bonne précision dans un secteur de $\pm 80^\circ$ (3), tandis que des cellules de type *phasique* — c'est-à-dire insensibles aux sons continus, mais répondant tout à fait aux bruits impulsifs, aux phénomènes transitoires — semblent indiquer « il y a » « du nouveau » « dans cet axe ». Aussitôt, la tête se réoriente et fait face au son intrusif, lequel se trouve ainsi centré pour la vue comme pour l'ouïe, au meilleur piqué spatial. Il en va de même pour les changements lumineux (brillances, mouvements, bougés) aperçus dans le champ de vision. En somme, ce dispositif — à la fois visuel et auditif — constitue une **table d'orientation** automatique, d'autant plus sollicitée que le transitoire (lumineux, sonore) est *excentré* (cf. fig. 3).

L'hypothèse est que, dans l'angle plus restreint de $\pm 30^\circ$, la saccade reste principalement visuelle (et non pas céphalique). Le sens de l'espace est alors peu troublé par un lancer de regard qui contient aussitôt son propre apaisement visuel. De plus, les mouvements de l'attention auditive à l'intérieur du « cône de présence » (60°) sont de précision suffisante — quant au MAA — pour ne pas entraîner — au concert — un pointage visuel qui viendrait les redoubler. A l'inverse, des sollicitations à $\pm 80^\circ$ retentissent assez fortement dans le schéma corporel, par les mouvements de tête qu'elles nécessitent ou même par le gel volontaire qui en retient l'exécution. [Notez la participation corporelle du spectateur devant un écran cinémascope.]

Écoutant sous le bon angle, le mélomane peut vraiment goûter à l'architecture musicale (*cosa*

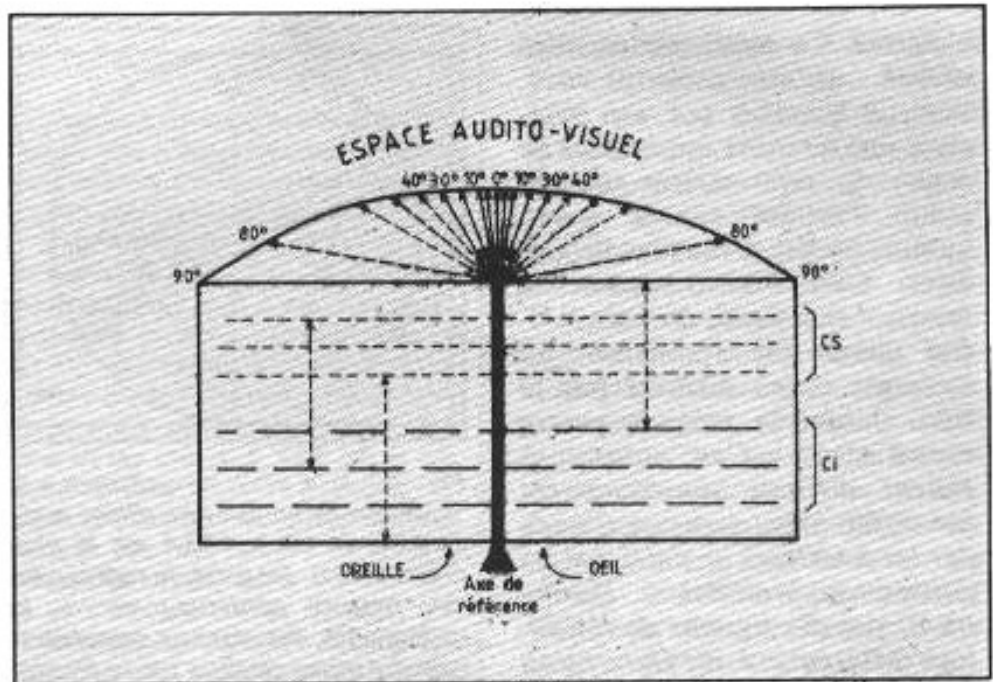


Fig. 2 : La structure laminaire (multicouche) du colliculus fait correspondre (verticalement) les neurones de type *phasique* (CS) et de type *tonique* (CI). La « carte » du monde sonore est dédoublée en phénomènes continus et en phénomènes transitoires. Le CS est précis sur $\pm 80^\circ$, tandis que le CI cadre finement sous $\pm 30^\circ$.

mentale) sans être ramené à chaque instant à l'espace réflexe de la curiosité. Mais en même temps, l'écart entre les pupilles, ordonné par le point d'ouïe (3 bis), reste suffisant pour que l'auditeur, focalisant librement sur les avancées de la musique, reçoive les effets de masque, les alliages de timbres, les détache-

ment instrumentaux voulus par le compositeur et mis en œuvre par le chef d'orchestre.

Le cadrage optimal

Placé au « fauteuil idéal » un couple de microphones ne donne pourtant qu'une image lointaine, manquant de définition, et présentant même une confusion

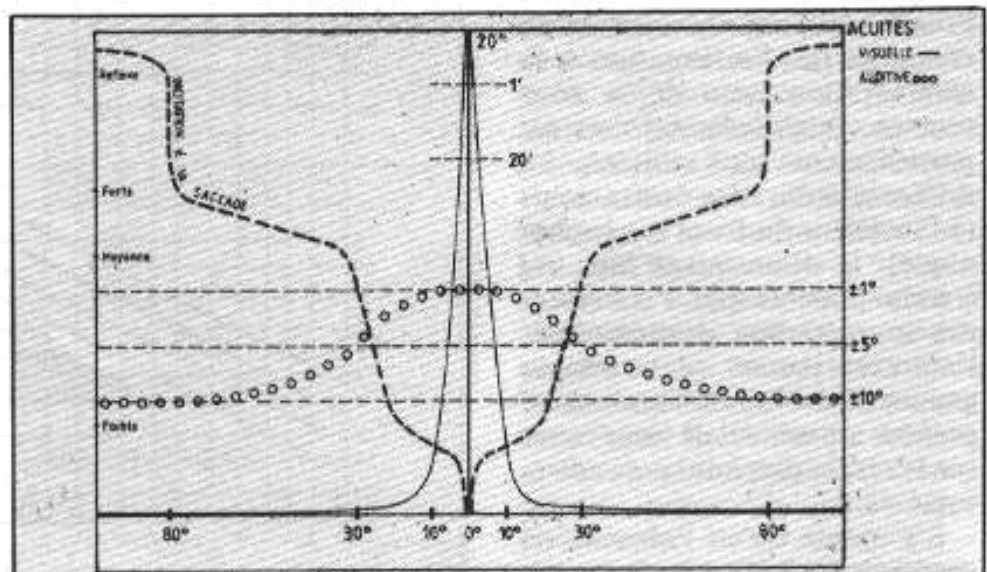


Fig. 3 : L'incitation au recadrage. Seul un pinceau de $\pm 3^\circ$ est apaisant pour l'œil (acuité visuelle optimale). D'où les saccades visuelles incessantes. Alors qu'un cône de 60° détaille les sources sonores dans leur provenance (MAA optimale) sans déclencher de saccade céphalique. Par contre, au-delà de 80° la réaction d'orientation est automatique, difficilement compressible.

exagérée. Ce serait, certes, déjà mieux qu'en monophonie, laquelle absorbe, par son principe, une quantité importante de sons : le haut-parleur unique réduit l'espace sonore à un hublot, propre à tous les brouillages. Carl Ceoen raconte la fameuse expérience de Jean Wilfrid Garrett (4) déchiffrant les messages codés diffusés par la BBC durant la seconde guerre mondiale. « Ces messages étaient diffusés simultanément sur différentes longueurs d'onde par les émetteurs anglais, que les Allemands brouillaient [facilement] par des signaux de brouillage différents. J. W. Garrett a eu l'idée de disposer stéréophoniquement deux récepteurs, accordés sur des longueurs d'onde différentes. En conséquence, il entendait à gauche le brouillage A, à droite le brouillage B et il discernait au centre le message identique aux deux émetteurs. » Sans aller jusqu'à remplacer le message par un soliste, les brouillages par l'orchestre, on imagine à quel point la stéréophonie en spatialisant les sons (la stéréophonie de « phase », faut-il le préciser), améliore le score, favorise l'écoute musicale. Cependant, les facultés de l'oreille, telles que la réjection du champ diffus, l'atténuation de la réverbération hors de la zone centrée [auditivement] restent partiellement sous-utilisées. La différenciation des instruments (à l'intérieur du front stéréophonique), le démasquage binaural (rendu possible par l'étalement des sources) sont perturbés par l'entrecroisement des images gauche et droite. La focalisation pointue sur un détail vient buter sur le résidu diaphonique contre-versé.

S'y ajoute qu'en l'absence de contact visuel (5) avec les musiciens, l'écoute dirigée perd de sa puissance : l'œil ne fortifie plus les explorations de l'oreille. Des effets de masque — aveugles — assombrissent certains

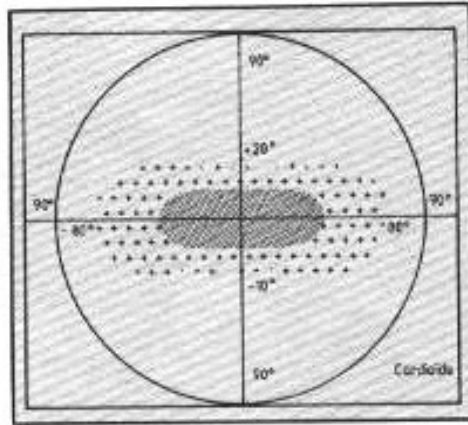


Fig. 4 : le « cône de présence » à $\pm 30^\circ$ forme en fait une ellipse horizontale, là où le MAA est le plus défini ($\pm 2^\circ$). En gris, le cadrage fin des signaux continus ; en + le cadrage fin des signaux impulsionnels. Le micro cardio s'ouvre frontalement à $\pm 90^\circ$ (d'après Buser/Imbert, op. cité).

instruments. L'écoute directionnelle perd aussi en prévision : l'oreille ne voit plus rien venir. Les surgissements instrumentaux (ordinairement atténués par la chaîne des osselets ou d'autres mécanismes supra-auditifs) créent des masques-réflexes, des effets de surprise (non musicaux) qu'il faut compenser par une certaine compression de la dynami-

que. Le cadrage optimal ne sera donc jamais l'équivalent du « fauteuil idéal ». Ne serait-ce que parce que le champ cadré depuis un microphone cardioïde (en forme de pomme) déborde largement le « cône de présence » naturel de l'écoute frontale (en forme d'ellipse) [cf. fig. 4].

En sorte qu'une exécution musicalement bonne, respectueuse de la partition et du style, équilibrée en effectifs, soutenue par une acoustique appropriée, ne conduit pas — ipso facto — à un bon enregistrement. Une direction d'orchestre souple et phrasée, assurant la transparence des motifs principaux, la levée de certains effets de masque, ne se recopie pas d'elle-même sur une bande.

Le travail de l'ingénieur du son est de construire un espace (largeur et profondeur du champ) en même temps qu'une balance instrumentale (timbrée et nuancée) tout en restituant l'ambiance acoustique, le caractère ponctuel ou étendu des instruments, la dynamique originale [cf. : encadré ci-contre].

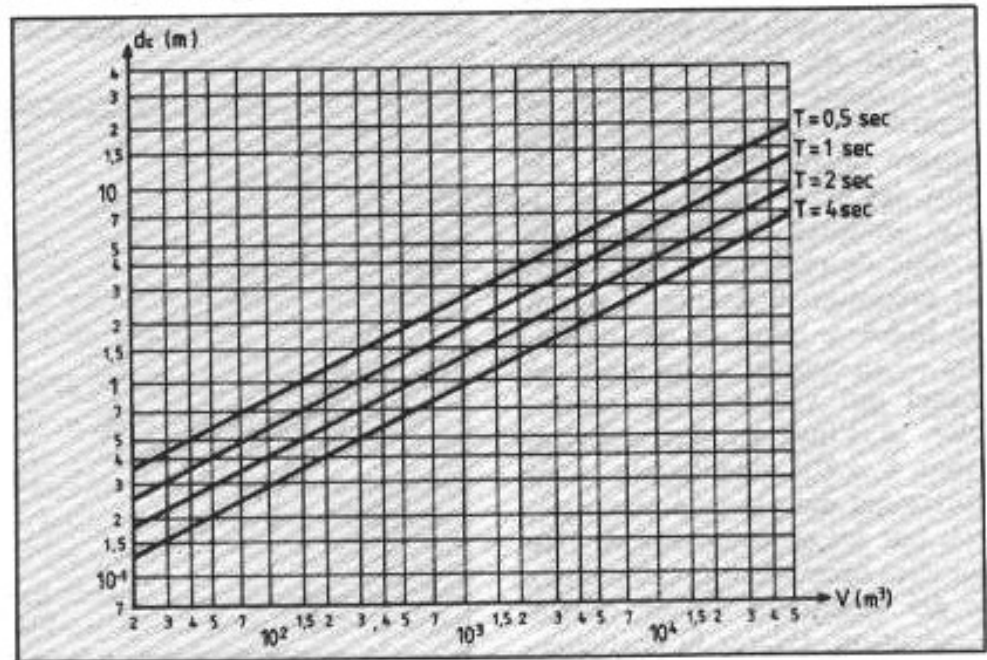


Fig. 5 : La distance critique (en mètres) pour une source omnidirectionnelle, dépend du volume du local (en m^3) et du temps de réverbération (en s) :

$$d_c = \text{envir. } 0,057 \sqrt{\frac{V}{T}}$$

(d'après Carl Ceoen).

La dynamique

L'impression de puissance provient plus des transitoires d'attaque, de la densité spectrale des sons forts que des seuls rapports d'intensité. Il est d'usage de comprimer instantanément ou progressivement (selon les cas) la dynamique d'un morceau pour l'adapter au contraste maximal admissible dans une salle de séjour (50 dB), à l'intérieur d'une voiture (15 dB) ou sur un lieu de vente (6 dB). La puissance installée (amplis, haut-parleurs) ne permet pas, au juste, d'espérer plus. Un ampli de 100 watts (fortissimi) situerait — sans compression — les passages faibles (pianissimi) autour du microwatt, soit 80 dB plus bas, c'est-à-dire très au-dessous du bruit de fond urbain. Seule une écoute à fort niveau moyen (85 dB) obtenue avec des enceintes à haut rendement (95 dB/1 W/1 m) étirerait les crêtes à 115 dB et les quasi-silences à 35 dB, à hauteur du bruit ambiant. Qu'en penseraient les voisins ? Tandis qu'une écoute qui hisse ses pianissimi au-dessus du bruit de fond urbain* (45 dB) et réduit ses fortissimi à un niveau compatible (95 dB) s'inscrit bien dans une dynamique de 50 dB, nécessite de moins puissants amplis et s'intègre mieux dans la vie sociale... Cette réduction se fait sans dommages. L'oreille, si sensible à la justesse, à la hauteur tonale (cf. pleurage, scintillement) reste assez imprécise sur les écarts d'intensité, les nuances et les niveaux absolus. Elle s'accommode assez bien d'un contraste relatif, saisi dans l'instant et non dans la totalité d'un développement.

* Le BRUIT de FOND urbain, lourd en graves (40-200 Hz) fait masque sur les sons faibles jusque dans la bande 400-800 Hz. Plus proche de 45/50 que de 35 dB, le bruit de fond bénéficie tout de même du démasquage binaural (-10, -15 dB), corollaire de la centration auditive vers le front stéréophonique.

La distance critique

En plein air, une source omnidirectionnelle rayonne directement son énergie sur l'enveloppe d'une sphère dont le rayon s'accroît à la vitesse même du son. L'intensité initiale se « dilue » sur une surface d'onde de plus en plus grande, une surface qui grandit à proportion du carré du rayon de la sphère pulsante. Ainsi, en plein air, le niveau sonore décroît de 6 dB quand on double la distance à la source.

En champ réverbérant, la source rayonne comme en plein air, jusqu'à ce que l'onde — heurtant les parois de la salle — se réfléchisse, et par rebonds successifs et entremêlés, entretienne un champ diffus dont l'intensité dépend, en bonne part, de l'absorption des parois. Ainsi, en chaque point du local, l'intensité acoustique est due à la somme des intensités directes I_D et réverbérées I_R . Il existe une distance remarquable pour laquelle ces deux intensités égalisent : c'est le « rayon critique » de la salle, mesuré depuis la source supposée omnidirectionnelle. A cette distance, le « grossissement » G est égal à l'unité :

$$G = \frac{I_D}{I_R} = 1$$

(cf. fig. 5).

Nous avons abordé, dans un article précédent, la mise en œuvre d'un couple microphonique dit AB-ORTF (6), pour la raison que cette formule, simple techniquement, confronte cependant le preneur de son à un ensemble de problèmes (acoustiques, musicaux) qu'il faut ordonner.

Une approche simplifiée

En premier lieu, on examine l'acoustique de la salle. Est-elle adaptée au type de musique jouée ? Habituellement, on interroge le *temps de réverbération* (T_{R60}) : 1,4 à 1,8 s pour la

musique baroque ; 1,8 à 2,1 s pour la classique ; 2,1 à 2,4 s pour la romantique ; 1,5 s pour la musique moderne. Le preneur de son préfère questionner le temps de réverbération *durant les dix premiers décibels de la décroissance réverbérée* (early decay time). Un affaiblissement trop lent du champ diffus conduit à la confusion, au masquage son sur son, à un sustain bruyant. C'est le cas des locaux de moyennes dimensions, au plafond trop bas (7) : les ondes rebondissent rapidement de parois à parois sans pouvoir s'atténuer dans la longueur des trajets parcourus. A l'inverse, une diminution trop rapide de la réverbérance ne soutient plus assez la musique.

La *clarté* est-elle suffisante pour le détachement des motifs musicaux, la transparence des passages rapides ? Le rapport des énergies présentes avant et après 80 millisecondes spécifie le degré d'intelligibilité et la facilité de localisation. En effet, l'oreille fusionne les énergies primaires reçues dans un temps initial (premier front d'onde) tandis qu'elle est embarrassée par les énergies secondaires, comme par autant de superpositions retardées, et multilocalisées. Le micro, moins avantaagé que l'oreille, est totalement dépendant de ce paramètre. Si le lieu d'enregistrement ne satisfait pas à de bonnes conditions acoustiques, il vaut mieux renoncer à la solution dite « couple ORTF ».

En second lieu, on cherche à **positionner le collecteur microphonique**, en tenant compte de la disposition des musiciens sur le podium, de la distance critique du local et de l'angle de champ ouvert depuis le micro par l'orchestre.

1) On définit un **axe de symétrie** passant par le milieu de l'orchestre et les éventuels solistes. Le couple évolue sur cet axe frontal de référence, bissecteur du podium.

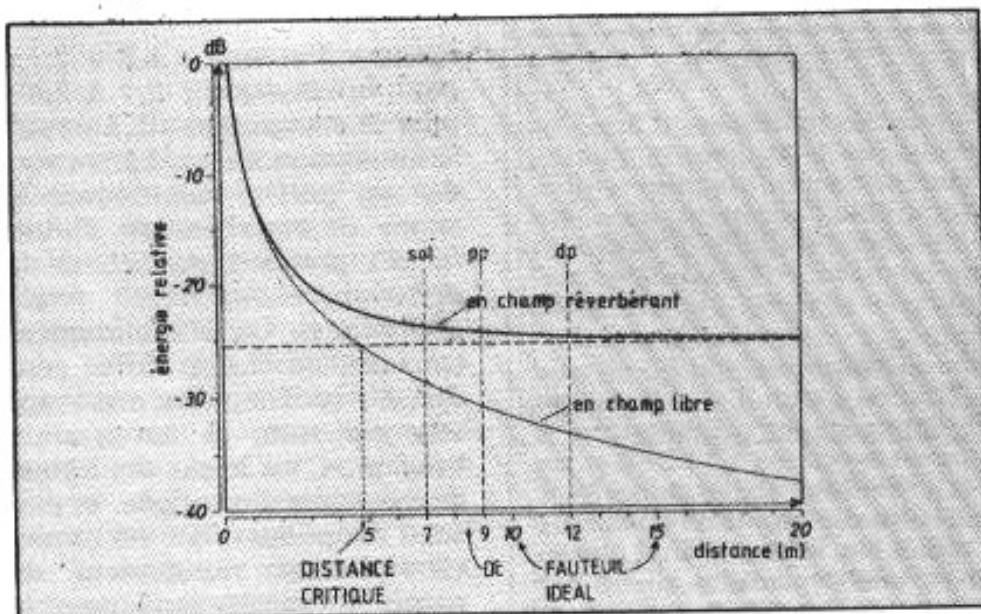


Fig. 6 : Le microphone cardioïde, par son indice de directivité ($\beta=3$) augmente la distance critique [$d'_c = d_c \times \sqrt{\beta}$] sans aller jusqu'à concurrencer l'oreille, située au moins au double de cette distance (fi). En pointillés : la distance aux solistes (sol), aux premiers pupitres (pp), aux derniers pupitres (dp).

2) L'éloignement microphonique est ajusté par rapport aux premiers pupitres. Cette distance n'est cependant pas figée par des lois scientifiques. Elle dépend du caractère exubérant ou intimiste de la musique (un quatuor à cordes ne s'enregistre pas comme une symphonie romantique). Elle varie aussi avec les effectifs, car le collecteur doit « voir » l'orchestre sous un angle déterminé, si l'on veut éviter des gros plans partiels, des défauts de balance, de la distorsion d'imaginerie : on n'enregistre pas de la même façon un piano-récital (source étalée) et un concerto pour piano et orchestre ; dans cette disposition, le piano est presque ponctuel. Néanmoins, pour rester dans la généralité, on considère que le couple de microphones cardioïdes « voit » les premiers pupitres à la **distance critique** (c'est-à-dire en plan moyen), les solistes légèrement en-deçà, les seconds pupitres légèrement au-delà [cf. encadré ci-contre]. Mais comme la directivité cardioïde favorise le recul microphonique ($d'_c = d_c \times 1,7$), elle minimise aussi l'effet grand angle d'un placement trop rapproché [cf. fig. 6]. Pourtant, la notion même de distance critique

reste... à critiquer. Le temps de réverbération varie avec la fréquence : les notes graves traînent plus longtemps que les notes aiguës. L'effet de masque varie donc en conséquence. Les timbales, les contrebasses — toutes auréolées de champ diffus — voilent les instruments jouant dans les octaves immédiatement supérieures. Autrement dit, la distance critique est tributaire de la « courbe de réponse » de la salle. En outre, le rayonnement instrumental, plutôt omnidirectionnel dans les notes basses se resserre en montant dans les registres aigus, échappant ainsi à la réverbération du lieu, au halo

sonore. La distance critique est donc à réinterpréter en fonction du contexte musical et/ou acoustique.

3) L'élévation du couple décide de la profondeur apparente de la scène stéréophonique. Le placement en hauteur (sur une « girafe ») réduit l'écart d'éloignement entre premiers et derniers pupitres. Il réduit du même coup l'écart trop grand des niveaux entre avant et arrière du podium, et aussi bien la différence trop forte des plans sonores [cf. fig. 7]. La propagation

acoustique (en $\frac{1}{d^2}$), la seule qui vaille pour un microphone, contredit l'atténuation apparente (en $\frac{1}{d}$) observée — visuellement — depuis le « fauteuil idéal ». Car la perception, par l'œil, de la distance a fini par s'imposer aux autres sens. Le sens de la vue, plus précis, a installé très tôt son régime de décroissance dans la perception de l'espace : on imagine mal une source aperçue (en $\frac{1}{d}$) à 5 mètres et entendue (en $\frac{1}{d^2}$) à 25 mètres.

La cohésion multisensorielle des données est bien dirigée par le sens le plus fin. Alors même que la captation microphonique reste dépendante des seules lois acoustiques, l'atténuation apparente doit suivre la perspective

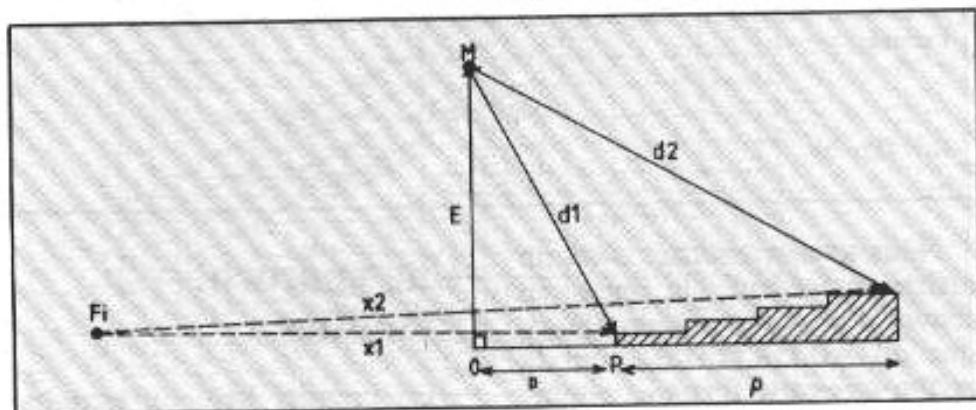


Fig. 7 : L'élévation du couple rétablit une perspective « visuelle » à l'intérieur d'une propagation acoustique. Le rapport des énergies directes, captées par les microphones [$(\frac{d_1}{d_2})^2$] doit s'approcher du rapport des distances [$\frac{x_1}{x_2}$] observées depuis le « fauteuil idéal ».

visuelle. On commence donc par calculer la diminution apparente entrevue depuis le « fauteuil idéal » :

$$A = \frac{x_2}{x_1}$$

avec x_1 la distance aux premiers pupitres ($x_1 = 2d_c$) et x_2 la distance aux derniers pupitres ($x_2 = x_1 + p$; p étant la profondeur du podium).

Il faut satisfaire à l'équation de cohésion :

$$A = \frac{x_2}{x_1} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$$

avec d_1 la distance du microphone aux premiers pupitres ($d_1 = d_c\sqrt{3}$) et d_2 la distance du micro aux pupitres du fond de scène.

On désigne par O la projection — sur le plan de sol — de l'emplacement microphonique M.

L'élévation du couple vaut :

$$E = \sqrt{3d_c^2 - D^2}$$

et la distance D au podium :

$$D = \frac{3}{4}d_c - \frac{p}{2}$$

On ne devrait pas s'obnubiler outre mesure sur ce calcul — purement indicatif — car cette approche simplifiée « oublie » d'autres paramètres que l'expérience des ingénieurs du son prend en compte. (Nous verrons lesquels dans un prochain article.)

4) L'angle de champ est habituellement de 110° pour un écar-

tement inter-capsules de 17 cm. Ceci vaut pour le couple Schoeps ORTF, mais cela peut s'adapter à d'autres micros. Le réglage de l'angle microphonique et de la distance séparant les deux pastilles a été systématiquement étudié par Michael Williams (8) pour toutes les directivités microphoniques. Il existe, selon l'auteur, un positionnement optimal pour lequel la distorsion géométrique est minimale, pour lequel le rapport champ direct/champ diffus reste quasi-constant à l'intérieur du front stéréophonique considéré. Le couple variable, convenablement réglé, permet d'obtenir un champ stéréophonique continu entre les deux enceintes, sans « l'effet-sourcils » que l'on pourrait imaginer en regardant la tête de la « girafe », avec ses deux micros écarquillés. C'est que la méthode du « couple variable », tout en tenant compte de la directivité microphonique, met en rapport l'angle ouvert — au point de capture — par la largeur de l'orchestre (le champ objet) et le triangle ouvert — au point de réception — par la disposition stéréophonique (le champ image).

Trouver l'axe, se placer à la distance critique, élever les micros, ouvrir et écarter les capsules : voilà une procédure simple, un peu trop simple, sans aucun doute. Il convient de l'étoffer.

(1) On verra par la suite que cette valeur est flexible et qu'elle peut

varier selon le genre de musique écoutée.

(2) Est-ce pour ces raisons que l'on place les solistes au centre de l'orchestre, sur l'axe de référence frontal, là où l'attention converge spontanément sans effort ni surprise ?

(3) Pour plus de précisions sur ces données, on se reportera à l'ouvrage source *Audition* de Buser et Imbert paru chez Hermann, Paris, 1987.

(3 bis) Au point de vue correspond le point d'ouïe, au point de regard correspond le point d'écoute : nuance !

(4) In Bulletin du GAM n° 65, « Aspects techniques et artistiques de la prise de sons ». Cette expérience devrait convaincre ceux qui s'imaginent que la stéréo n'apporte que de l'espace en plus.

(5) Une partie du colliculus, véritable « centre de tri » audio-visuel est désaffectée. Le pointage visuel, précis et fin, ne renforce plus le pointage auditif moins marqué, moins défini.

(6) Voir « La musique sur un triangle », 1^{re} partie, in *L'Audio-ophile* n° 16, p. 47. Carl Céoen a publié la démonstration (p. 94 et suiv.) de la supériorité de ce procédé (cf. op. cité : 1971).

(7) Le plancher est de fait absorbant, si le public est là (!) ; c'est le cas aussi des grands édifices aux murs trop réfléchissants. L'idéal étant de bénéficier d'une réverbération longue, bien détachée, mais d'un niveau plus faible.

(8) Reprenant les travaux de Carl Céoen, M. Williams a publié dans *L'actualité de la scénographie*, 1989-90, une série d'articles : « Le couple variable, nouvel outil de prise de son stéréophonique ». De nombreux abaques donnent les solutions aux problèmes posés.

LE MUSEE IMAGINAIRE

L'AMPLIFICATEUR PHILIPS AG-9015

Jean Hiraga

L

a mode des amplificateurs à tubes sans transformateur de sortie dits « Output Transformer Less » ou OTL remonte aux années 50. Philips fut l'une des premières grandes firmes qui tenta d'imposer ce montage « révolutionnaire » dont l'inconvénient principal était, comme on le sait, la nécessité d'avoir recours à des tubes de puissance et à des haut-parleurs peu courants. Cette application grand public de qualité fut à l'origine de toute une génération d'amplificateurs OTL haute-fidélité que l'on a connu sous les noms de Futterman, Technics, Mactone, Taki ou Luxman. Autant dire qu'à cette occasion, le slogan « Philips, c'est plus sûr » s'accommoda mal de haut-parleurs d'impédance 800 Ω dont la fabrication dut être abandonnée pour cause de fragilité excessive. Les circuits OTL et SEPP (Single Ended Push-Pull) à alimentation symétrique furent repris par la suite, sous forme transistorisée, pour constituer la base de pratiquement tous les amplificateurs modernes.

Un peu d'histoire

C'est peu avant 1920 que l'on commença à étudier, à commercialiser les amplificateurs basse fréquence. Tout d'abord conçus à l'aide de tubes triodes, de transformateurs d'entrée, de

couplage et de sortie, le tout relié à des batteries basse et haute tension, ils subirent par la suite différentes évolutions : alimentation secteur, montage push-pull, contre-réaction, chauffage indirect, tubes tétrade et pentode, montages ultra-linéaires, Wil-

liamson, Mac Intosh, Quad, pour n'en citer que quelques-uns.

Les premiers transformateurs de liaison inter-étages ou de sortie ne couvraient guère qu'une bande passante comprise en moyenne entre 100 Hz et

10 kHz. C'est pendant l'année 1925-1926 que furent proposés, notamment dans les revues anglaises *Wireless World* et *Review & Review*, les premiers montages à couplage RC, supprimant du même coup deux ou plusieurs transformateurs de liaison. La bande passante du circuit s'en trouva sensiblement améliorée, de même que les performances de distorsion. Deux autres avantages en découlaient : une baisse du coût de revient et un plus faible encombrement. Ce circuit, premier pas en direction du montage OTL obtint tant de succès que bien des fabricants de transformateurs audio virent leurs ventes baisser sensiblement. En 1926, puis en 1929 furent publiés successivement dans la revue américaine *Radio News*, toujours à l'affût de nouveautés en matière d'amplificateurs B.F., deux circuits présentant un grand intérêt : le premier, celui de Clyde Fitch, consistait à supprimer la liaison RC entre la plaque de l'avant-dernier tube et la grille du tube de puissance et à remplacer le condensateur de liaison par une batterie de 67,5 V. Le second circuit, le célèbre Loftin-White est pour ainsi dire l'ancêtre du circuit OTL, avec, pour autre particularité une liaison directe entre les étages. Sur cet amplificateur à deux étages composé de la tétrode 224 et de la triode de puissance 50, la sortie était reliée directement à un haut-parleur de type électromagnétique d'impédance 4,6 k Ω . Les recherches qui suivirent jusqu'au début des années 50 furent axées principalement sur l'efficacité et la puissance. On chercha à obtenir en effet une puissance de plus en plus élevée et une faible consommation, ce qui explique le développement des tubes tétrodes et pentodes de puissance (47 de RCA par exemple) et des montages push-pull en classe B et AB.

Les travaux de Lévy, Langmuir, Schottky et, plus principa-

lement de Bernard Tellegen (Philips) sont sur ce point d'une importance capitale : c'est grâce à ces travaux que le problème de l'émission secondaire rencontré sur les tubes tétrode (conséquence d'instabilité et d'effet Dynatron) fut résolu par l'adjonction d'une grille « suppressive », donnant ainsi naissance au tube pentode. Rappelons malgré tout que les premiers essais sur des tubes munis de deux ou trois grilles restent antérieurs à 1920.

Ainsi, les catalogues de tubes Philips s'étoffèrent très tôt de toute une série de tubes tétrodes et pentodes à chauffage direct et indirect. Il n'est donc pas étonnant d'apprendre que Philips fut l'un des premiers à se lancer dans le montage amplificateur sans transformateur de sortie dit OTL. Philips conçut à cet effet des composants spéciaux tels que des haut-parleurs électrodynamiques à bobine mobile d'impédance 800 Ω , des tubes pentodes spéciaux tels que l'EL 86.

Variantes des montages OTL

Différents types de montages amplificateurs OTL furent expérimentés. En retenant ceux dont l'application était la haute-fidélité (une appellation que l'on commença à utiliser dès 1933), les premiers montages apparurent vers 1951. Ils ne sont pas, contrairement aux suppositions, d'origine américaine mais japonaise. Ceci n'exclut pas le fait que d'autres circuits OTL furent publiés avant cette date en Europe ou aux USA, car il n'a été retenu ici que des circuits OTL réservés aux applications haute-fidélité. Le circuit présenté par M. Tomita lors d'une démonstration à l'AES de Tokyo en octobre 1952 était incroyablement en avance sur son temps.

Sur ce circuit représenté sur la figure 1, on voit en effet que le montage comprend trois étages, avec une 6SJ7 en tête couplée en liaison directe à un étage déphaseur cathodyne à charges réparties de 10 k Ω seulement, de quoi attaquer l'étage de sortie OTL (quatre tubes 50L6) dans des conditions quasi-idéales.

L'examen de ce montage montre qu'il aurait suffi d'alimenter

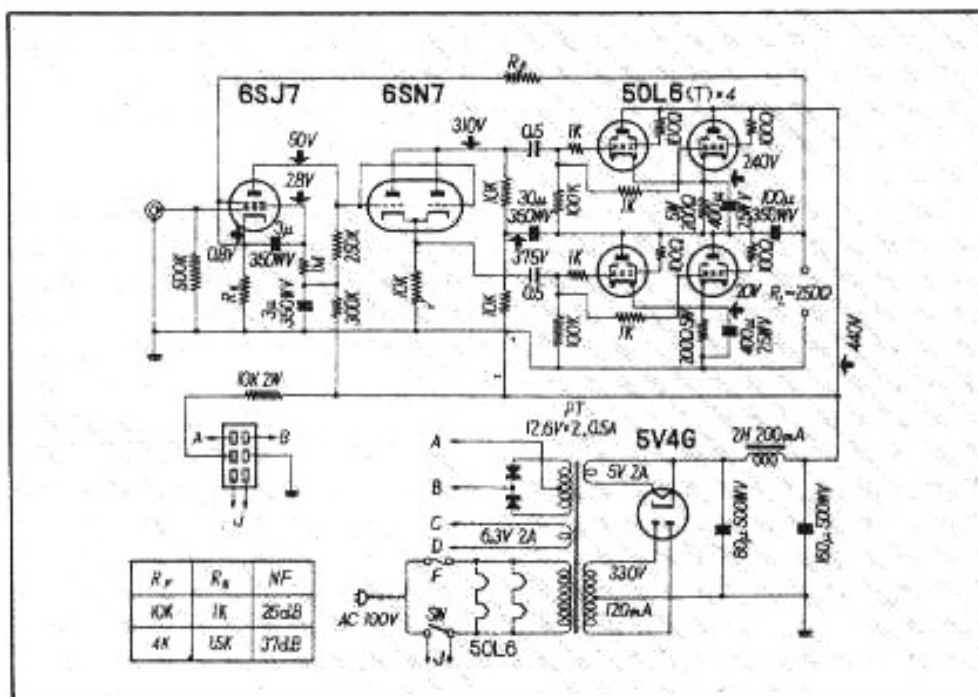


Fig. 1 : Circuit OTL (charge 250 Ω) proposé par M. Tomita en octobre 1952 lors d'un congrès de l'A.E.S. Ce montage très en avance sur son temps fut publié dans la revue *Radio Gijutsu* le mois suivant.

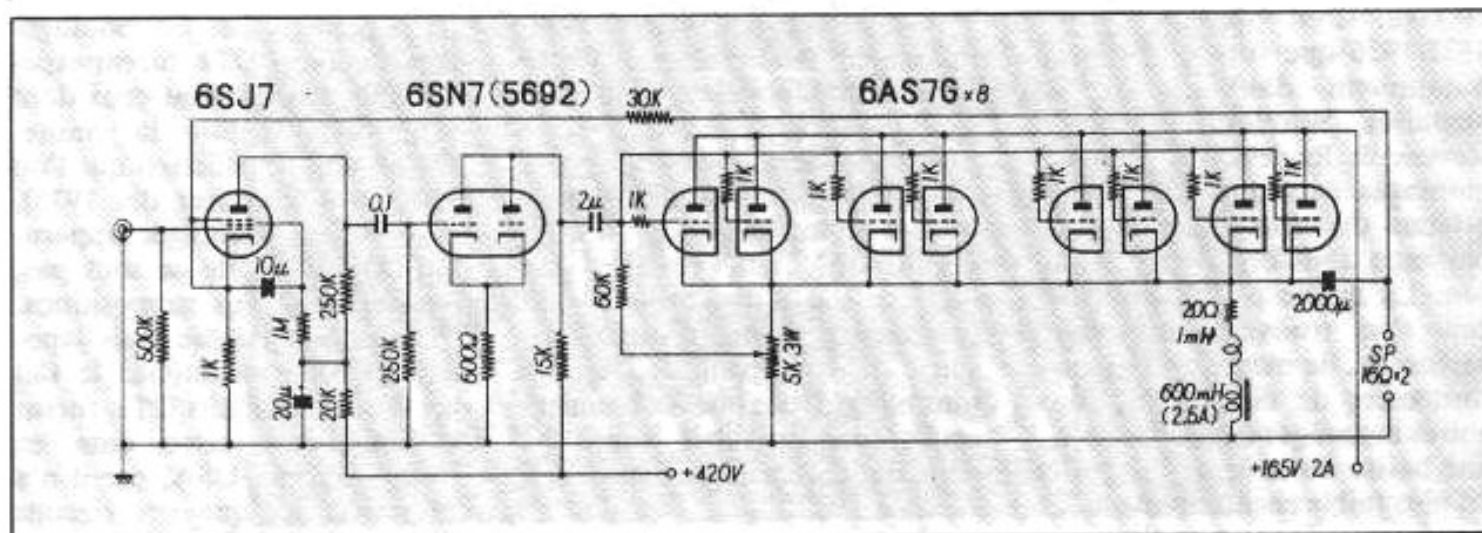


Fig. 2 : Un circuit peu connu, le montage OTL simple étage (4 tubes 6AS7G montés en parallèle). Il fut repris en avril 1952 par M. Takajo. La charge était de 32 Ω seulement. On note la présence d'un condensateur d'isolement en sortie, de valeur 2 000 μ F.

l'étage de sortie par des tensions symétriques et de supprimer le condensateur d'isolement en sortie pour en faire un circuit OTL moderne. Sur ce montage, M. Tomita avait porté son choix sur les pentodes japonaises 50L6 pour une simple raison : leur faible coût et une grande facilité d'approvisionnement (utilisation en balayage ligne de téléviseur noir et blanc, les versions proches étant du genre 6BQ6, 6CD6, EL36, EL505, etc.). Ce circuit avec étage de sortie à alimentation symétrique sera repris plus tard et finira par se généraliser pour devenir le circuit OTL de base (Futterman, Technics, Luxman, Taki, etc.).

Par ordre chronologique, le premier amplificateur OTL de ce style semble revenir au Japonais Yuro Otobé (avril 1951, revue Musen to Jikken). Il est suivi, en novembre 1951 de la publication (Electronics, USA) d'un montage « Fletcher-Cooke » OTL, mais simple étage avec quatre tubes de puissance montés en parallèle, les 6AS7G/6080. Ce montage inspira un audiophile japonais, M. Takajo (il est devenu depuis une célébrité en tant que pianiste, collectionneur d'œuvres d'art, pigiste dans les revues hi-fi, critique de disques et surtout en tant que « mordu »

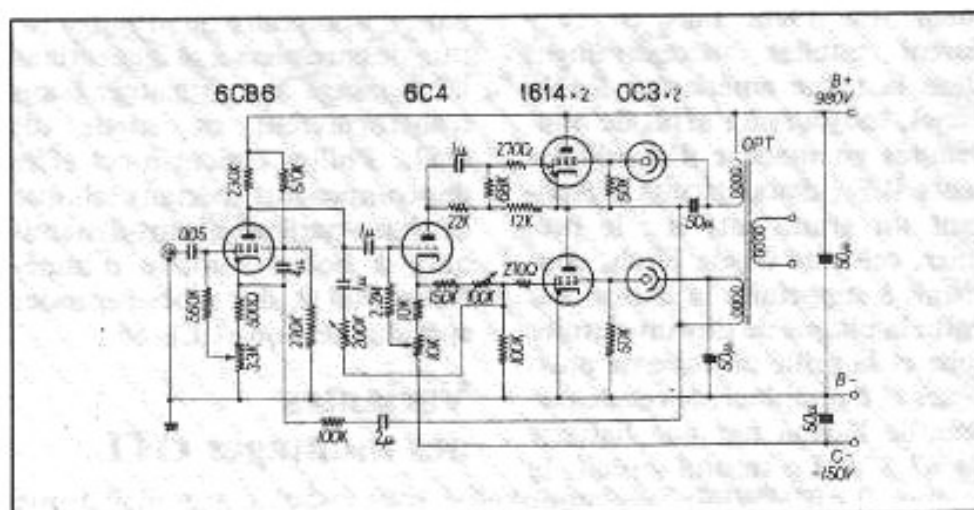


Fig. 3 : Circuit Peterson-Sinclair publié dans la revue IRE en janvier 1952. L'étage de sortie SEPP suivi d'un transformateur avec double enroulement primaire se rapproche de celui de l'amplificateur Philips AG-9014/15.

des amplis OTL et des haut-parleurs à pavillon). Le circuit de M. Takajo fut publié au Japon en avril 1952. On le trouvera sur la figure 2. Sa simplicité est exemplaire : étage d'entrée avec tube pentode 6SJ7, couplage RC avec l'étage driver (6SN7 avec éléments triodes montés en parallèle), couplage par condensateur avec l'étage de sortie OTL constitué de quatre tubes doubles triodes 6AS7G/6080 (aux éléments montés en parallèle).

Contrairement au circuit de la figure 1 et bien qu'il s'agisse d'une sortie en étage simple, le choix de tubes triodes à faible

résistance interne (300 Ω seulement pour les 6AS7) permettait pour la première fois d'abaisser la valeur de la charge à 32 Ω environ (contre 250 Ω pour le circuit de la figure 1).

En janvier 1952, A. Peterson et D.B. Sinclair proposèrent l'étage de sortie SEPP (Single Ended Push-Pull ou push-pull à sortie commune). Ce circuit, décrit sur la figure 3, sa simplification avec transformateur de sortie à enroulement primaire unique (figure 4) a, après transposition, formera les étages de puissance des amplificateurs transistorisés modernes.

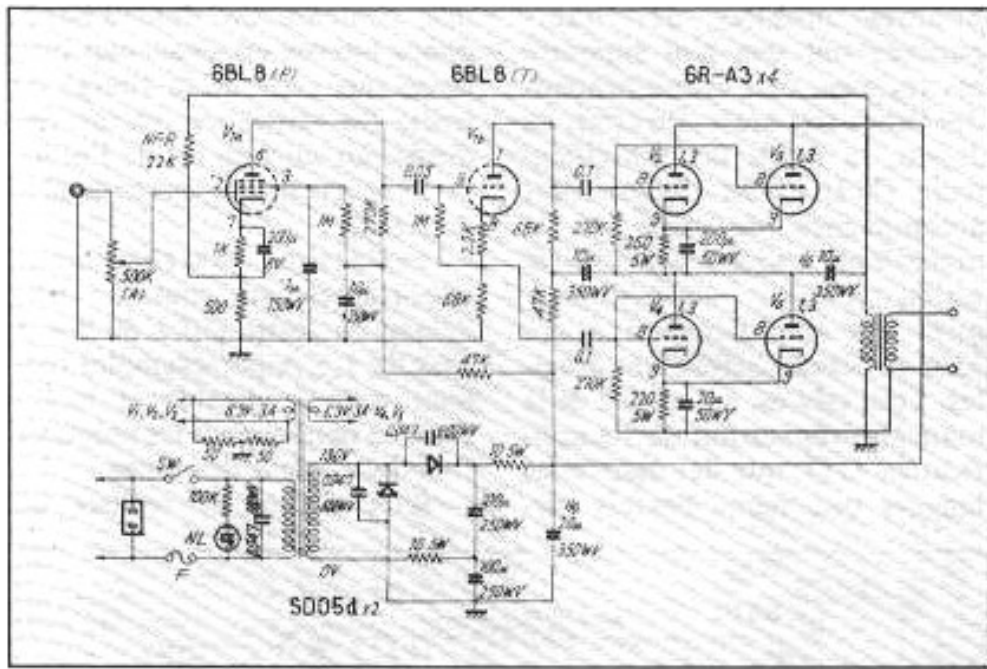


Fig. 4 : Circuit dérivé de celui de la figure 3, mais avec sortie relié à un transformateur à enroulement primaire unique d'impédance 1,25 kΩ. Les tubes de sortie sont des petites triodes japonaises 6RA3 (pas d'équivalent aux USA ou en Europe). La contre-réaction est appliquée à partir de l'enroulement primaire dans lequel ne passe que le signal audio. Ce circuit, conçu par M. Ijima a été publié au Japon en 1967 par l'éditeur Seibundo.

D'autres circuits connus, comme celui de Stephens (Audio Electronics, août 1952), représenté sur la figure 5 se sont orientés vers des tubes triodes à chauffage direct, réputés pour leur excellente sonorité. On obtenait avec ce circuit un push-pull parallèle de triodes 2A3 montés en SEPP/OTL, la puissance confortable de 20 W mais sur une charge d'impédance 500 Ω. On voit que malgré une résistance interne assez basse, soit 780 Ω, un montage push-pull parallèle de 100 tubes 2A3 aurait été nécessaire pour permettre une adaptation optimale sur 8 Ω. Pour la célèbre triode 300 B, près de 90 tubes auraient été nécessaires ! Quant à l'EL 34, n'en parlons pas car il aurait fallu plus de 600 tubes, situant le courant de repos total aux alentours de 40 A !

Cette situation explique pourquoi on s'orientera plus tard vers des tubes triodes spéciaux, souvent étudiés pour des alimentations régulées à tension assez

basse, dérivés de la 6AS7 (6080 et 6080 WA en version professionnelle). Les versions les plus connues sont les 6336 A et 6336 B. Avec pour énorme

inconvenient un prix très élevé (il voisine aujourd'hui les 1 000 F pièce) ces tubes (doubles triodes dans une seule enveloppe, brochage octal) étaient les rares capables d'offrir simultanément une dissipation plaque élevée (30 W), une excellente linéarité et une faible impédance interne (200 Ω).

Pour être plus précis, il faut savoir qu'avec un seul tube 6336 A monté en SEPP-OTL, on pouvait obtenir en classe AB, à partir d'une alimentation ± 200 V une puissance élevée, soit 42 W, sur une plage comprise entre 70 et 90 Ω. La puissance restait assez confortable sur 8 Ω (15 W) et encore plus généreuse sur 16 Ω (22 W). Si, en théorie, il aurait fallu 10 tubes 6336 A pour voir culminer la courbe de puissance maximum/impédance de charge aux alentours de 8 Ω, l'inconvénient aurait été d'obtenir une puissance totale de 400 W !

Une autre approche, encore plus intéressante, fut celle de l'utilisation du tube russe EC33C dont la résistance interne était inférieure à la moitié de celle de

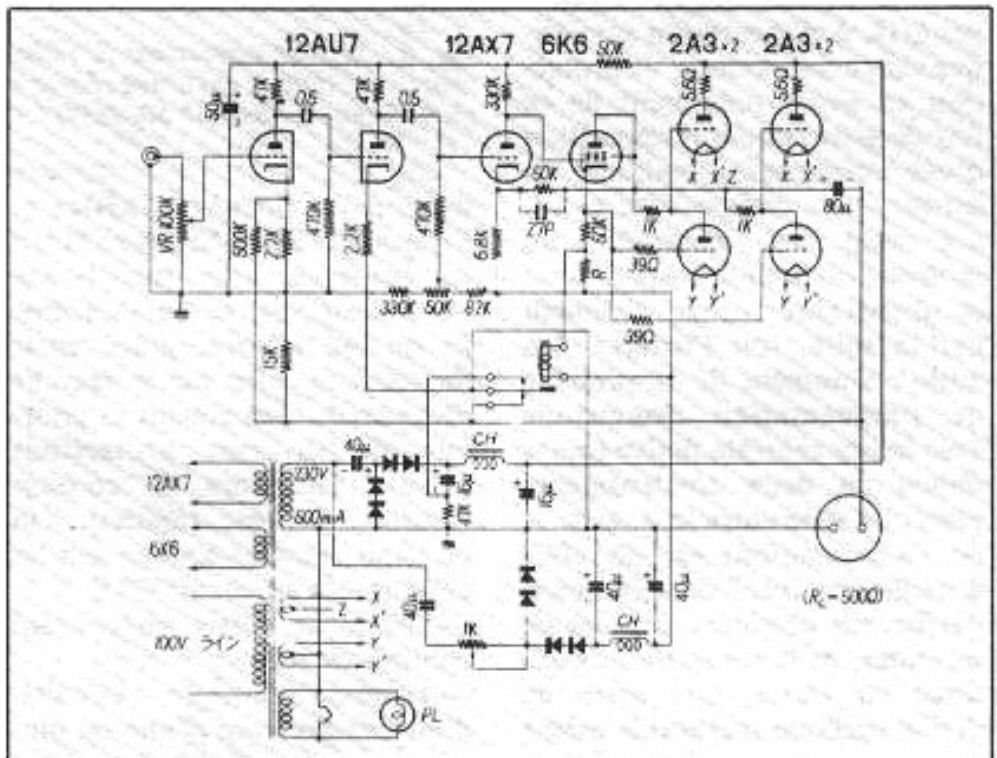


Fig. 5 : Circuit OTL de Stephens, publié en août 1952 dans la revue américaine Audio & Electronics. Il fait appel aux triodes à chauffage direct 2A3.

la 6336 A, soit 80Ω seulement. Un autre tube américain, pratiquement introuvable et jamais utilisé en application audio OTL fut le 7241. Ce dernier semble pourtant battre tous les records en matière de résistance interne, soit 40Ω seulement. On retrouve sur tous ces tubes une construction similaire : cathode de grande surface, consommation filament élevée, écartement cathode-plaque très faible, pas de grille serré ou très serré. Le faible écartement cathode-plaque impliquait, sur des tubes comme le 6336 A ou le EC33C une construction extrêmement rigide devant tenir compte des phénomènes de dilatation des métaux. La dilatation des électrodes a en effet un rapport direct avec le temps de stabilisation du courant de repos, qui peut excéder 15 minutes. Sachons que, dans les circuits OTL, les paires et multiples paires ne sont jamais parfaites. Elles ne présentent pratiquement jamais des courbes d'établissement du courant de repos parfaitement « superposables » au cours de la première demi-heure de mise en marche. Les montages OTL à alimentation symétrique sans condensateur de protection en sortie présentent de ce fait de gros risques d'apparition d'une composante continue en sortie. Cette composante continue peut soit apparaître au moment de la mise sous tension et disparaître progressivement par la suite, soit l'inverse. Un autre phénomène lié au principe de l'alimentation symétrique avec masse centrale fictive (point milieu de deux condensateurs placés en série entre le + et le - de l'alimentation) est un effet d'oscillation très lent, s'étendant parfois sur plusieurs dizaines de secondes, de la composante continue en sortie, une sorte de dérive cyclique mesurable même après le passage par le condensateur d'isolement de forte valeur.

Dans tous les cas de figure, les

bobines mobiles des haut-parleurs ont très mal supporté ces régimes, ceci même pendant des temps très brefs. En effet, au Japon, la mode des amplificateurs OTL s'était d'autre part accompagnée de celle de la multi-amplification, avec filtres actifs, couplant ainsi directement ces amplificateurs à des haut-parleurs parfois très fragiles. Tout cela est à l'origine de la mauvaise réputation de l'amplificateur OTL que des mauvaises langues ont même parfois sur-

une alimentation dont l'impédance interne est beaucoup plus basse que celle de la charge de sortie (la résistance interne des diodes au silicium est de l'ordre de 25Ω et celle des valves de plus de 200Ω) ;

— variations extrêmement importantes du courant dans l'étage de sortie (50 à 60 mA à plus de 1,5 A par exemple) rendant celle-ci instable et modifiant en permanence les points de fonctionnement des tubes ;

— impossibilité de réaliser un

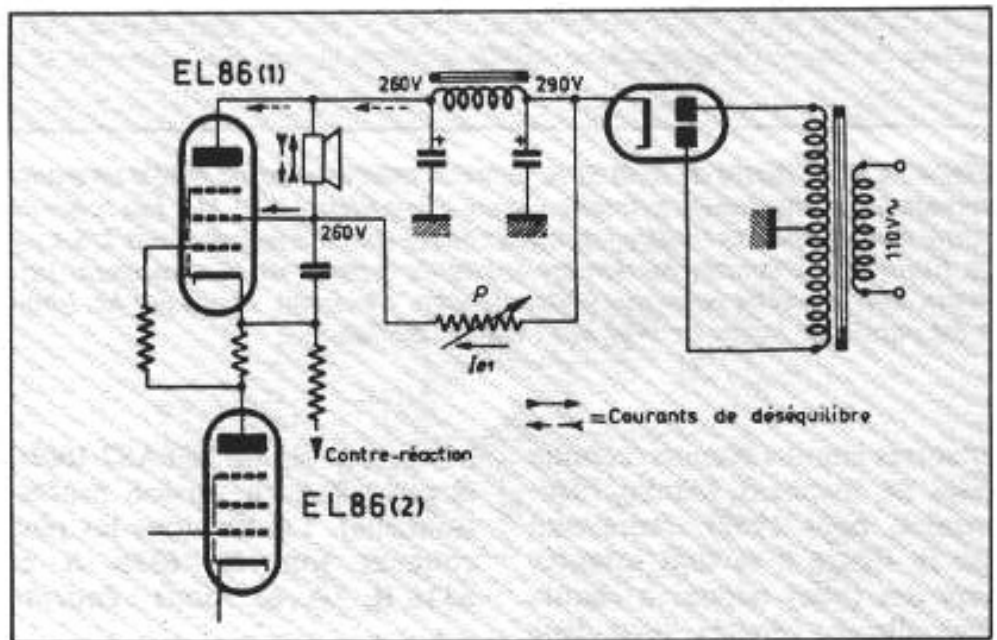


Fig. 6 : Artifice permettant de réduire la composante continue traversant la charge, ce, dans le cas d'une charge avec retour à la haute tension (J.R. Courtin, Revue du Son n° 50, 1957).

nommé « Speaker Killer ». Pourtant, l'amplificateur OTL a su conserver une très bonne réputation pour ce qui concerne sa qualité sonore, grâce entre autres à la mise sur le marché d'appareils bien conçus et pourvus de diverses protections (relais, détecteurs de courant continu, fusibles rapides). On pourrait résumer comme suit les défauts liés au circuit OTL :

— risque de dérive en courant continu en sortie ;

— risque, selon les circuits, d'être en présence d'une ou plusieurs masses flottantes instables ;

— nécessité d'avoir recours à

montage de petite puissance adapté de façon optimale sur charge 8Ω .

Si la course aux très basses impédances présente donc ses inconvénients, celle des valeurs de charge trop élevées a pour gros défaut de rendre les haut-parleurs très fragiles. Pour atteindre la valeur de 800Ω , les bobines mobiles des haut-parleurs doivent être conçues avec du fil émaillé d'un diamètre voisin de $0,04 \mu\text{m}$, de $0,07$ à $0,08 \mu\text{m}$ pour 200Ω et de moins de $0,03 \mu\text{m}$ pour plus de $1 \text{ k}\Omega$. En 1960, la firme japonaise Aiwa alla même jusqu'à concevoir une version dont l'impé-

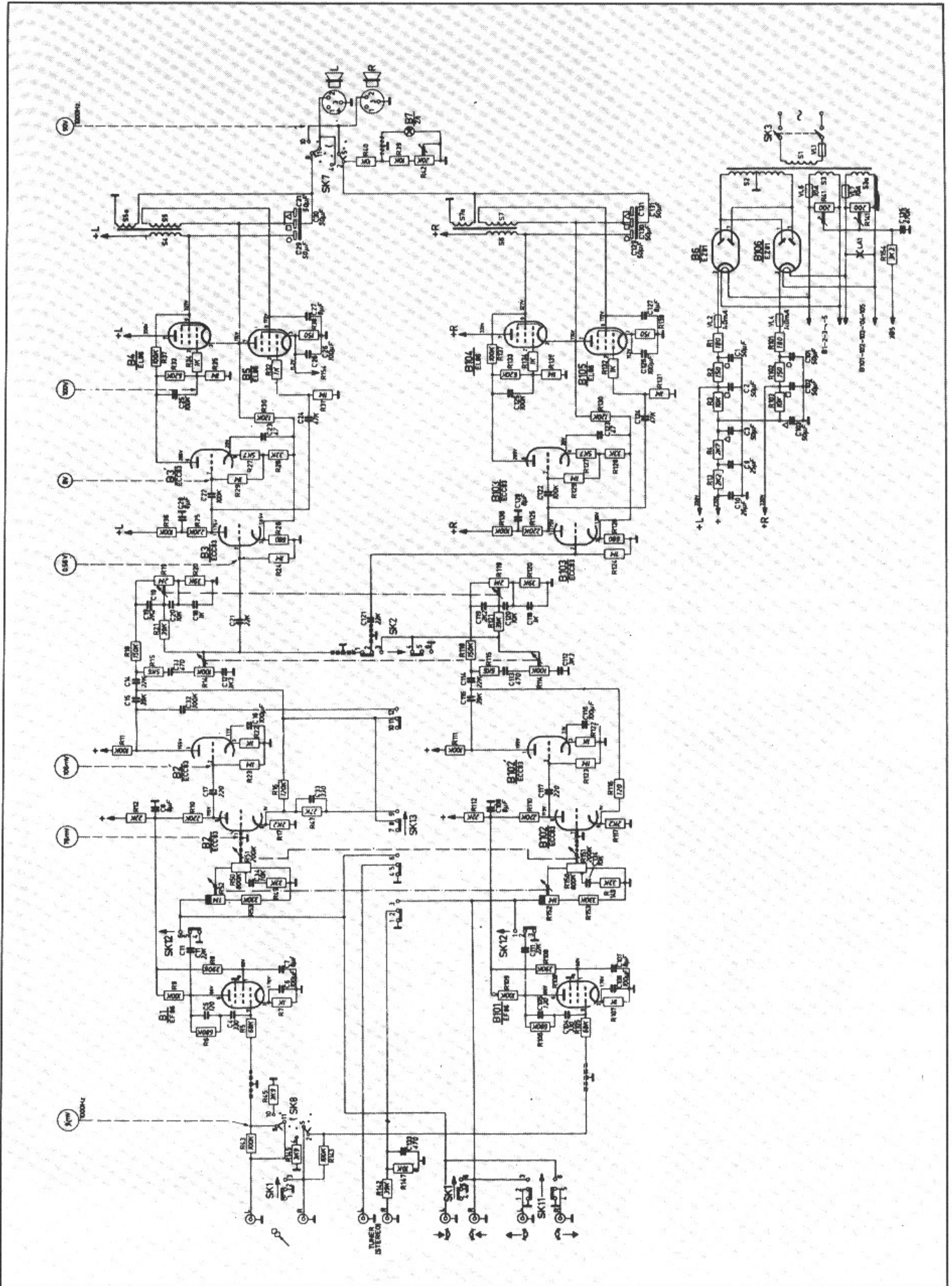


Fig. 8 : Schéma de l'amplificateur AG-9014 à étage de sortie SEPP prévu pour charge 800 Ω.

dance atteignait 5 000 Ω ! Les risques de rupture de la bobine mobile déjà importants étaient d'autant plus grands que certains montages avaient pour inconvénient de faire passer dans la charge un léger courant (3 à 10 mA) variant selon la puissance délivrée dont l'origine était le système de charge avec retour non pas à la masse, mais à la haute tension. Un artifice permettait d'éliminer (en partie seulement) la composante continue. Il est représenté sur la figure 6. Rappelons que la majorité des montages OTL 800 Ω proposés par Philips, puis repris par d'autres firmes furent appliqués non pas en haute-fidélité, mais sur des électrophones et sur quelques récepteurs radio. Les récepteurs radio dits « tous courants » utilisant des tubes de type « rimlock » Philips série UF (montage série des filaments) pouvaient donc éventuellement permettre de supprimer les transformateurs d'alimentation et de sortie et de baisser sensiblement le coût de revient.

Sur le tube inférieur, la sortie s'effectue du côté plaque, le signal étant en inversion de phase par rapport à celui appliqué à l'entrée. Si les signaux se retrouvent en phase au niveau de la sortie commune, il se pose malgré tout un problème de potentiel de référence en courant alternatif, vis-à-vis du tube supérieur. Le problème fut résolu par un circuit dit « bootstrap », le pied de la résistance de charge de plaque du déphaseur cathodique se trouvant référencé non pas à la haute tension (ou à la masse en courant alternatif) mais à la sortie. Cette solution déjà proposée sur la figure 1, se généralisa par la suite. Elle nécessitait seulement un condensateur électrochimique reliant le pied de la résistance de charge citée et la sortie. Bien d'autres schémas OTL furent proposés. Nombreux, leur description pourrait s'étendre sur un ouvrage entier.

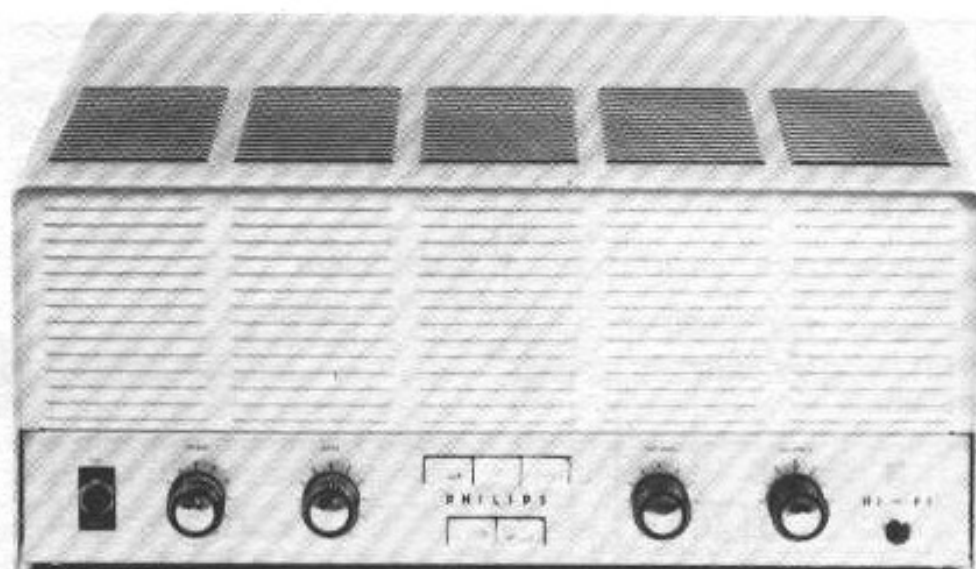


Fig. 7 : Amplificateur Philips AG-9015.

Le circuit AG 9014/9015

Les circuits Philips AG 9014 et AG 9015 doivent être considérés comme une version de luxe des amplificateurs pour électrophones et récepteurs radio. Ils font partie des maillons séparés qui ont formé les premières chaînes hi-fi stéréophoniques Philips. L'amplificateur se présente comme sur la figure 7 et mesure 40 x 27 x 17 cm avec capot ajouré de teinte crème, commandes groupées en ligne sur la face avant avec tonalités, sélecteur d'entrées, inverseur monostéréo, volume et balance. Les versions AG 9014 et AG 9015 sont très proches, mis à part un détail non négligeable : en effet, Philips, soucieux de mettre à la portée du public des appareils performants, fiables et compatibles avec des éléments d'autres provenances décida de modifier la version AG 9014, dont le schéma est représenté sur la figure 8, au niveau de l'étage de sortie. Sur ce schéma, l'étage de sortie est de type SEPP, mais avec retour des charges couplées à un transformateur à double enroulement, optimisant ainsi le circuit sur le paramètre distorsion/puissance de sortie.

Le condensateur d'isolement

en sortie, de valeur $3 \times 50 \mu\text{F}$ est suivi de deux circuits de contre-réaction, portant la puissance disponible à 15 W sur charge

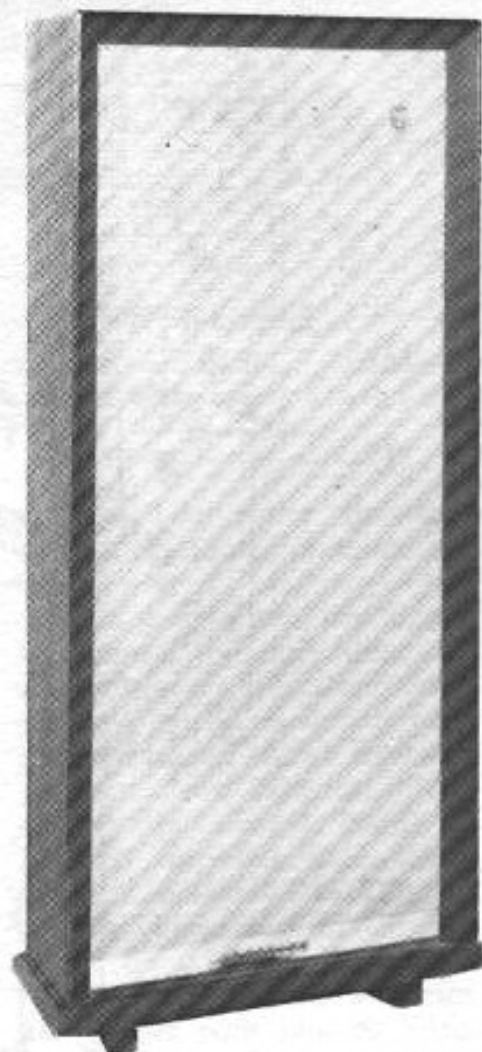


Fig. 9 : Enceinte Philips, référence AD-5016N, d'impédance 8 Ω

800 Ω , avec un taux de distorsion par harmoniques n'excédant pas 2 %. Sur la version AG 9015 et dans le but de rendre ce modèle adaptable à tous types de haut-parleurs, on dispose sur la face arrière d'un commutateur 8 Ω /800 Ω (situé entre les tubes de puissance) et de deux prises distinctes pour chacune de ces charges. En mode 800 Ω , chaque tube EL 86 est chargé entre sa plaque et sa grille-écran par un enroulement du transformateur de sortie.

Pour le tube supérieur, la plaque et une extrémité de l'enroulement se trouvent reliés directement à la haute tension. Pour le tube inférieur, ces mêmes points se trouvent reliés à la cathode du tube supérieur, ce qui forme la sortie SEPP. Un condensateur de sortie double permet de superposer en courant alternatif les signaux issus de deux tubes, les potentiels en courant continu à l'entrée de ce condensateur triple étant de 174 et de 327 V.

Chaque tube EL 86 travaille sous une tension plaque de 174 V, une tension d'écran de 172 V et un courant de repos total de 74,6 mA. Le tube inférieur est monté en polarisation automatique (150 Ω +100 μ F). Pour le tube supérieur, la polarisation est assurée par un réseau diviseur de tension tenant compte de la liaison semi-directe (620 k Ω +0,1 μ F) avec la plaque du tube précédent (ECC 83). Les signaux déphasés ne sont pas issus d'un seul étage de type cathodique ou Schmitt, mais de deux étages reliés en cascade avec une charge de plaque de 220 k Ω sur le premier et de 100 k Ω sur le second avec alimentation obtenue à partir de la grille-écran du tube de puissance.

Les autres étages de cet appareil sont plus classiques. L'étage phono fait appel à une pentode EF 86 avec correction RIAA active (avec retour de la contre-réaction sélective sur la grille

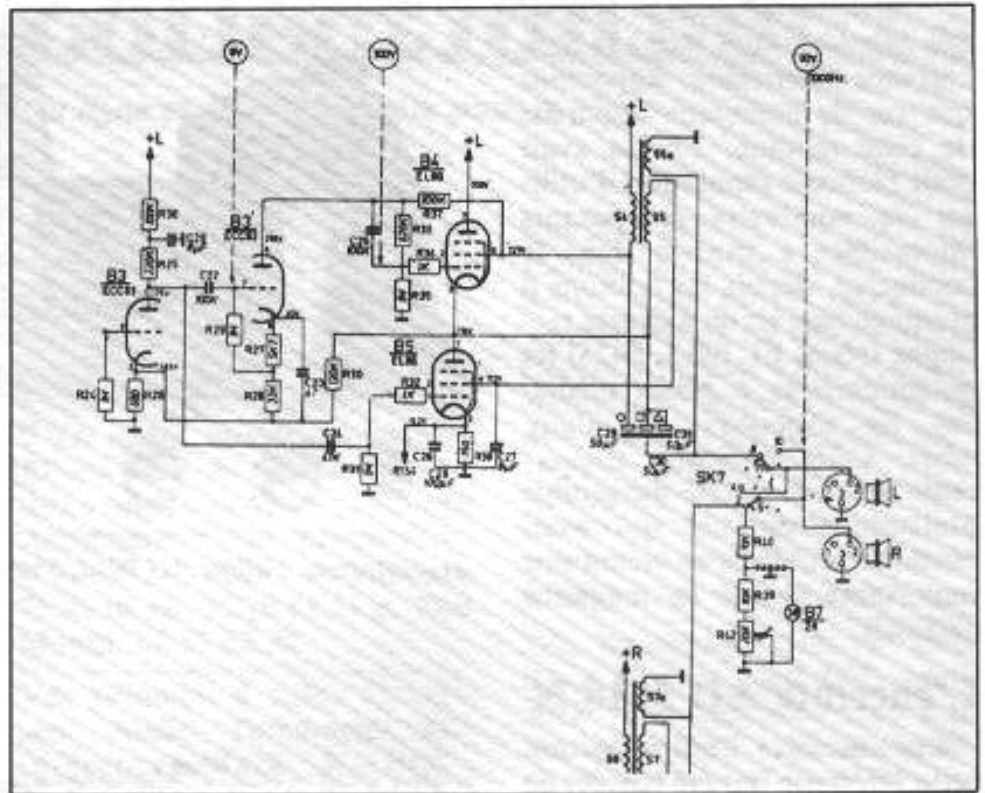
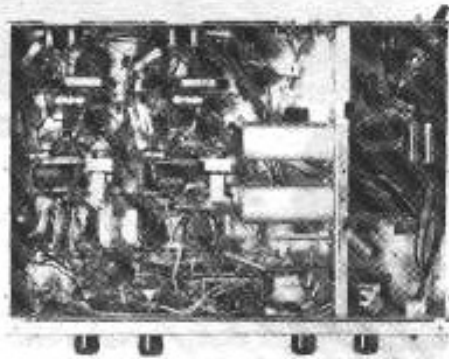


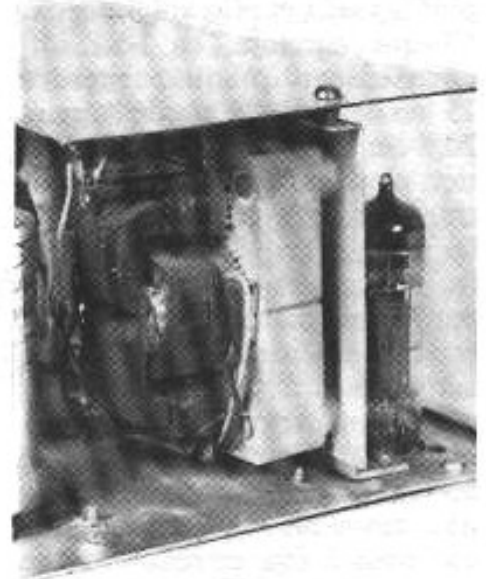
Fig. 10 : Etage de puissance AG-9014. Sur la version AG-9015, un sélecteur double et un enroulement supplémentaire sur le transformateur de sortie permettent la commutation d'impédance 8 Ω /800 Ω .



Amplificateur Philips AG-9015, vu de dessous. Le câblage, très serré, ne fait pas appel au circuit imprimé.

d'entrée, la sensibilité de cet étage étant de 9 mV/1 kHz).

L'étage ligne, de sensibilité nominale 75 mV, utilise les deux éléments du tube noval ECC 83. Il est précédé d'un sélecteur d'entrée et d'un contrôle de volume avec prise médiane (pour la correction physiologique lors d'une écoute à bas niveau). Cet étage est suivi d'un contrôle de tonalité passif de type Williamson avec potentiomètres de 100 k Ω et de 2 M Ω .



Détail de transformateur de sortie de l'amplificateur Philips AG-9015.

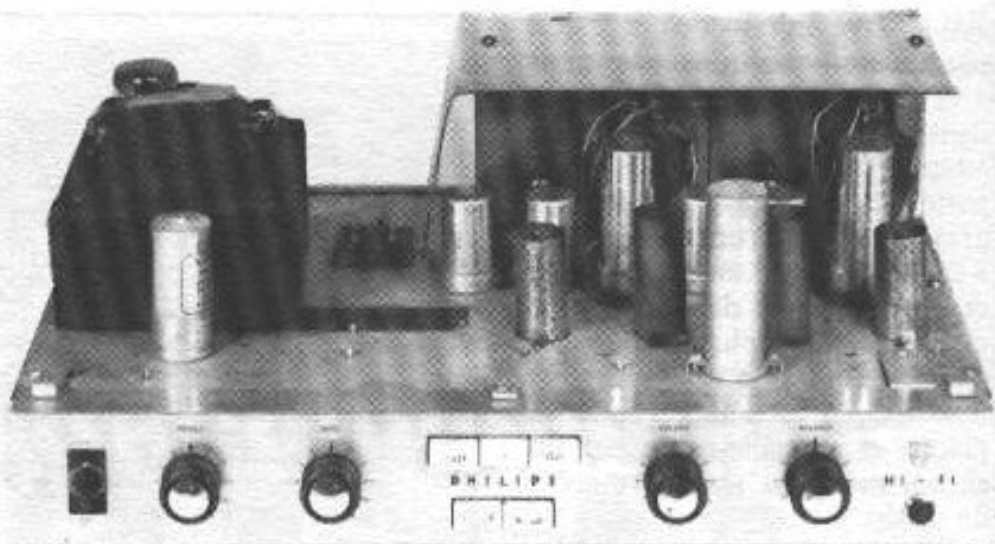
Curieusement, sur ce montage, Philips n'utilise pas de tubes rimlock ni de tubes prévus pour montage tous courants (filaments reliés en série alimentés directement sur le secteur). Par ailleurs, Philips adopte ici les prises au standard Cinch (et non pas au standard DIN), le

tout très certainement dans le but de mieux faire face à la concurrence américaine. Rappelons que sur de nombreux appareils de cette marque, Philips avait pour fâcheuse réputation d'utiliser de nombreux composants impossibles à trouver dans le commerce, depuis les boutons à montage sans vis ou à course rectiligne (séries EL 6415, 6425) les potentiomètres à prises médianes, les sélecteurs, jusqu'aux tubes. Cette politique s'apparente de près à celle du groupe Matsushita/National qui avait résolu ce problème en créant une importante chaîne de magasins exclusifs.

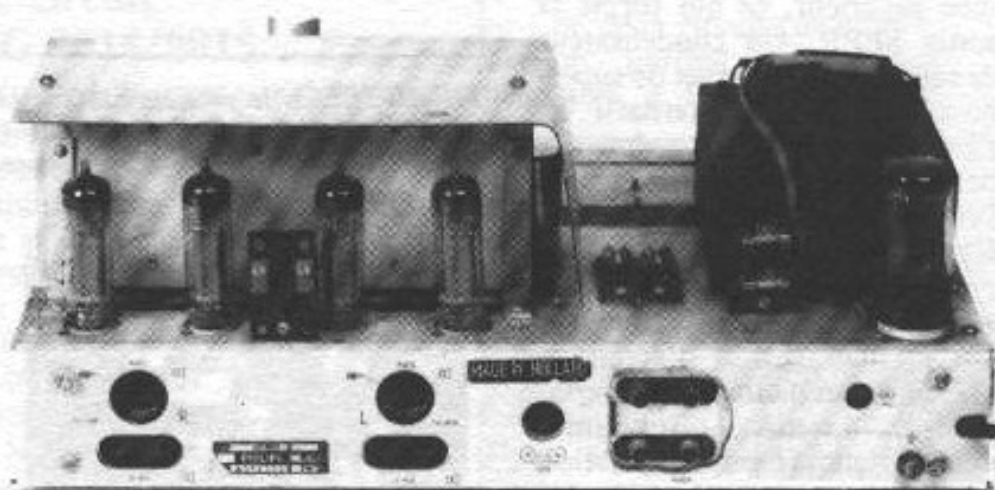
L'enceinte AD 5016 N

Les enceintes Philips portant cette référence ont été lancées en tant que complément de l'amplificateur AG 9014/15. Là aussi, Philips a sans doute voulu sortir de ses boîtiers en matière synthétique et proposer des modèles plus luxueux et plus volumineux. Chaque enceinte, en bois soigneusement plaqué, mesure 75 cm de haut, 35 cm de large et 20,5 cm de profondeur. Sa section n'est pas rectangulaire mais trapézoïdale avec parties dorsales à angles arrondis, ce qui évite les résonances dues aux larges parois parallèles. Cette forme revient curieusement à la mode actuellement.

Le haut-parleur est un modèle bicône 21 cm à bobine mobile 800 Ω . Le câble de 5 m de long non amovible du côté enceinte est muni à son extrémité d'une prise spéciale Philips à 3 broches (1 contact non utilisé fait office de détrompeur). L'intérieur de l'enceinte (close) ne comporte pas d'absorbant, sauf un filtre acoustique (plaque perforée en isorel mou) disposé horizontalement à mi-hauteur. L'enceinte, sans aucune vis apparente se démonte par le dessous, ce qui permet de retirer le baffle frontal et la grille grâce à un système à rainures et à glissières.



Amplificateur Philips AG-9015. Vue de la face avant, capot supérieur retiré.



Amplificateur Philips AG-9015, vu de dos. On aperçoit à gauche les quatre tubes EL86 et à droite la valve redresseuse GZ 34.

Bien que la puissance maximale admissible soit limitée à une quinzaine de watts, ce haut-parleur offre une excellente sensibilité, de l'ordre de 97 dB/m/W.

L'ensemble enceintes et ampli intégré avait pour appellation « chaîne hi-fi Philips AG 9015. Elle était complétée d'une table de lecture à moteur asynchrone avec petit plateau de 20 cm de diamètre et cellule à aimant mobile.

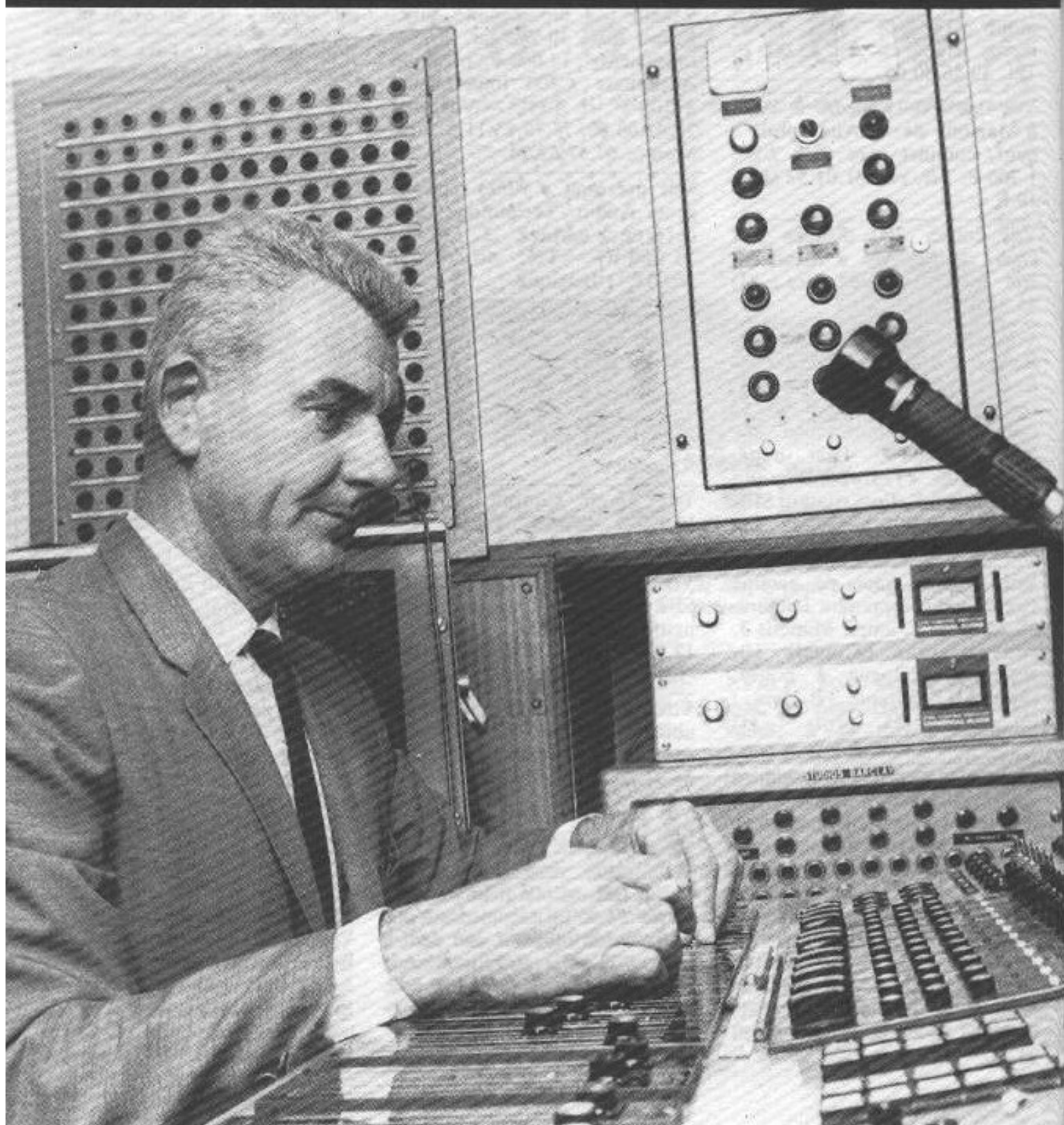
Le prix de l'ensemble, encore disponible en 1962, était de

1 970 F. Pour mieux situer ce prix, le Mac Intosh MC 275 valait, à la même époque, 3 900 F. Cet ensemble était donc très bien placé en prix même par rapport à des firmes concurrentes comme Thorens qui proposaient non seulement des tables de lecture, mais des chaînes complètes. Philips a commercialisé au début des années 60 plusieurs appareils destinés à concurrencer aussi bien des marques de qualité comme Dual que des matériels professionnels tels que le magnétophone de studio Philips EL 35 66 00.

**Page non
disponible**

...LA RENCONTRE

*Gerhard Lehner
Florian et Maxime Louineau*



I

Ingénieur du son des studios Barclay pendant 25 ans, Gerhard Lehner n'en est pas moins resté d'une modestie exemplaire. Cet homme qui a enregistré les plus grands artistes — de Jacques Brel à Duke Ellington en passant par Sarah Vaughan et Louis Armstrong — a bien voulu retracer pour nous sa prestigieuse carrière.

M. Lehner, pourriez-vous nous dire comment vous en êtes arrivé à travailler aux studios Barclay ?

Pendant la guerre, j'étais dans l'armée comme tous les Allemands de mon âge, et j'ai passé 3 ans et demi en Russie. C'est en travaillant au service de radio des armées que j'ai vu pour la première fois un magnétophone, c'était en 1944. Il s'agissait d'un appareil spécial (sa vitesse de défilement pouvait varier entre quelques cm/s et plus d'un mètre à la seconde !) prévu pour envoyer des messages codés.

A la fin de la guerre, j'ai eu la chance d'avoir été fait prisonnier par les Américains et pendant 1 an et demi j'ai travaillé pour l'American Forces Network, la radio des armées Américaines. Ensuite, je suis allé travailler en Allemagne à radio Munich, j'ai connu là-bas un éditeur de musique, ami d'Eddie Barclay. Je construisais pour cet éditeur un studio de gravure et un beau jour il m'a demandé si je voulais travailler à Paris pour une maison de disques. J'ai dit oui et pendant 6 ou 9 mois, rien du tout.

Puis un jour j'ai reçu un mot d'Eddie Barclay me demandant de venir trois jours à Paris pour discuter de ses projets de construction d'un studio.

Lui ne parlait pas anglais ni moi français ; l'entrevue fut plutôt difficile ! Finalement, nous nous sommes mis d'accord.

C'était en mai-juin 1956 et les travaux ont commencé en septembre de la même année. Nous avons choisi les locaux de l'ave-



L'impressionnante console Neve des studios Barclay : Gerhard Lehner aux manettes...

nue Hoche non pas en raison de leur état ; quand nous avons visité tout était dans un état lamentable, c'était épouvantable, mais parce que c'était bien placé, vaste et surtout silencieux.

Après plusieurs mois de travaux, le studio a été terminé. L'équipement était d'origine Téléfunken (console) et Ampex (magnétophone).

Quant à moi, mon contrat touchant à sa fin, je me préparais à rentrer en Allemagne quand Barclay me demanda de rester afin de former des ingénieurs pour réaliser les enregistrements. Après quoi, je dû encore rester ; il fallait construire le studio B.

Ensuite Barclay voulut une cabine spécialement dédiée aux activités de copie et de montage, puis une salle de gravure, suivie d'une deuxième salle de gravure stéréo. Après il y eut les magné-

tophones 4 pistes ensuite le 16 pistes. C'est ainsi qu'au fur et à mesure des évolutions techniques, je suis resté 25 ans.

Vous réalisez donc dans ces studios, l'enregistrement et la gravure ?

En fait, pas tout de suite. Nous avons commencé par les enregistrements, la gravure était sous-traitée. Ce qui nous posait un problème de qualité. Barclay voulait sa propre gravure, il voulait maîtriser tous les aspects techniques.

A l'époque, les gravures américaines étaient considérées comme une référence. Nous nous étions aperçus que dans les juke-box, les disques 45 T. US sonnaient plus fort. C'est pourquoi nous voulions graver nos disques selon le même standard de qualité. Ce que nous avons fait, après beaucoup de recherches.

Comment avez-vous résolu ce problème technique ?

Nous étions confrontés au problème suivant : si l'on veut augmenter le niveau de modulation en gravure sur un disque, il faut jouer sur les basses fréquences qui ont une forte influence sur l'excursion du burin de gravure. Or, dans la bande supérieure du spectre, plus l'on grave fort, plus la tête de gravure chauffe, à cause de sa vitesse de déplacement ; ce qui provoque la distorsion à la lecture.

C'est pourquoi nous avons retenu la solution suivante : couper les graves et les aigües, mais de manière équilibrée, c'est-à-

dire sans sacrifier la notion d'équilibre tonal. En faisant des essais (toujours en ce qui concerne les 45 T.) entre un disque Hi-Fi (40Hz - 12kHz) et entre nos disques coupés à 150Hz et à 7kHz (pentes très raides), nous avons constaté qu'il n'y avait pratiquement pas de différence audible.

Naturellement, dans la pratique les choses n'étaient pas si simples, elles dépendaient de la nature du matériel sonore à enregistrer.

Que pensez-vous de l'évolution des techniques d'enregistrement ces 15 dernières années et d'après vous peut-on y déceler une réelle progression de la qualité globale ?

On ne peut pas nier qu'en termes de qualité technique les choses ont beaucoup progressé. Cependant, je me demande si le côté subjectif a réellement suivi ce progrès. C'est très difficile à dire.

Ce qui est évident, c'est que les problèmes posés à l'ingénieur du son ne sont plus les mêmes. L'un des problèmes majeurs que nous avions il y a 20 ans était qu'à l'enregistrement - il fallait déjà penser aux corrections du signal imposées par la gravure, c'est-à-dire être conscient de la limite qualitative imposée par le microsillon, et faire avec.

Entre votre pratique du métier d'ingénieur du son et la manière dont les choses se passent actuellement en studio, voyez-vous de grandes différences ?

Hormis l'aspect technique dont nous venons de parler, il y a bien sûr des différences. Je crois que beaucoup de preneurs de son aujourd'hui (surtout en variétés) ne savent pas comment sonne un orchestre. Il n'ont pas de référence subjective.

D'autre part, la prise de son multipiste telle qu'on la pratique actuellement (i.e. fractionnée musicien par musicien, nldr) ne me semble pas comparable sur le plan de l'émotion à une séance



Gerhard Lehner.

enregistrée en prise directe. Je ne veux pas dire qu'il y a 20 ans, les enregistrements étaient techniquement plus au point mais la prise directe permettait aux musiciens de mieux s'exprimer.

Je pense par exemple, à Sarah Vaughan accompagnée par un grand orchestre (direction Quincy Jones), eh bien l'émotion qui se dégage d'une telle séance est formidable...

De même, avec Brel, il y avait une complicité impressionnante entre ce dernier et les musiciens, ainsi qu'avec le chef d'orchestre François Rauber dont les arrangements étaient fantastiques et merveilleusement adaptés au talent de Jacques Brel.

Comment se passaient les séances avec Brel ?

J'étais anxieux, oui, j'étais toujours anxieux parce que lui, il était parfait. Voyez-vous dans le studio, il n'y avait pratiquement pas de répétitions surtout pas pour le chanteur. Lui, était peut-être prêt, mais en ce qui me concerne...

Il est arrivé plusieurs fois que lors des réécoutes des prises, je ne sois pas tout à fait satisfait du résultat, mais Brel lui était con-

tent, d'un point de vue artistique il considérait que le résultat correspondait à son idée.

Y a-t-il un microphone qui vous ait particulièrement marqué ? Et d'autre part, utilisez-vous à cette époque une multitude de micros comme cela se fait de nos jours ?

Le U47 de Neumann, oui, sa courbe de réponse n'était pas idéale par rapport aux micros actuels mais le son était fabuleux sur les voix et les cordes. En ce qui concerne le nombre de micros, j'ai essayé lors d'une séance avec Kenny Clarke d'utiliser 5 ou 6 micros comme cela commençait à se faire pour les prises de batterie un peu dans le but, je l'avoue, d'impressionner ce dernier.

Mais il m'a arrêté tout de suite en me demandant tout simplement de procéder comme j'en avais l'habitude, avec 2 ou 3 micros (rires).

D'autre part, nous avons aussi des limitations d'ordre technique, quand la console possède 10 entrées et qu'il y a 50 musiciens dans la salle combien de microphones pouvez-vous utiliser ? (rires).

Quel système d'écoute aviez-vous ?

Nous avons commencé avec des haut-parleurs Téléfunken qui étaient très mauvais pour ensuite nous équiper de modèles Altec 604 qui eux étaient fantastiques. Nous avons travaillé avec, de nombreuses années.

Ce n'est que tardivement que nous avons remplacé les Altec par d'énormes modèles JBL bi-amplifiées ; cette politique d'escalade, de course à la puissance, au fond ne me convenait guère. Evidemment avec les JBL, la puissance était énorme, le son formidable, mais après trois mois, nous nous sommes aperçus que nos enregistrements sur disques étaient moins bons !

Un système d'écoute trop parfait n'est pas forcément un bon instrument de travail. Voyez-

vous, en 58, quand nous avons commencé la stéréo, nous utilisons comme écoutes des petites valises Ampex, hp et amplis à lampe de 12 watts dans une petite boîte portable ! Le niveau sonore n'était pas très élevé mais la qualité était bonne.

M. Lehner, durant toutes ces années vous avez été fréquemment amené à concevoir du matériel qui n'existait pas sur le marché pour les studios Barclay. Continuez-vous actuellement cette activité ?

Oui, effectivement, nous avons dû construire une partie de nos équipements, particulièrement les consoles qui dans les années 60 n'étaient pas adaptées à l'enregistrement de disques mais plutôt destinées à la radio-diffusion. Ensuite, avec l'arrivée de l'enregistrement multipiste nous avons fait construire par Neve une console correspondant précisément à ce que nous voulions.

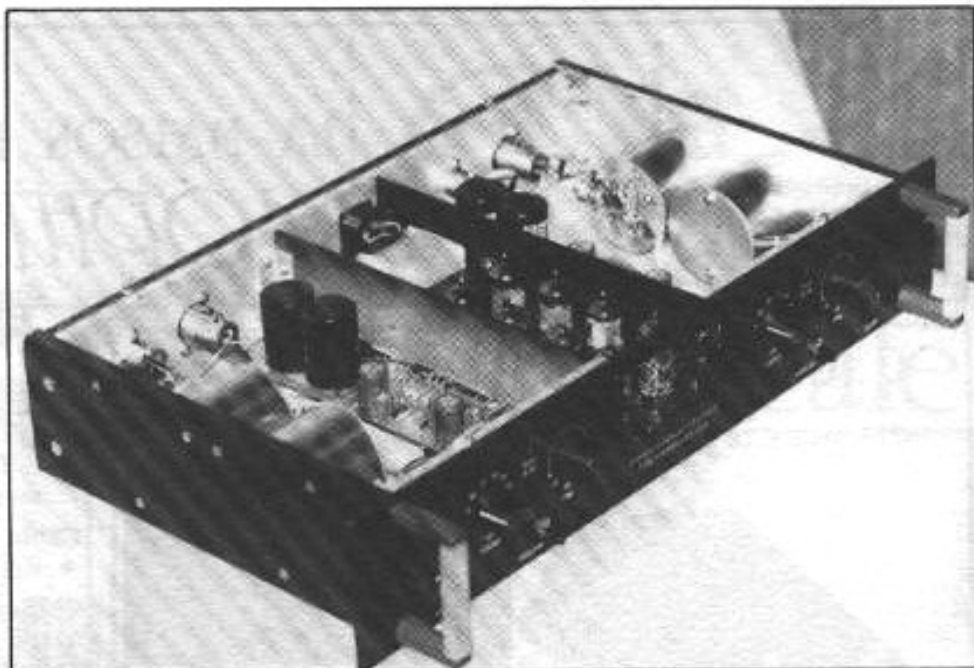
Après l'arrêt des studios Barclay, des techniciens de maintenance de chez Barclay ont créé leur propre société et m'ont sollicité pour développer un préamplificateur à tubes 2 canaux pour microphones capable également de fonctionner en préamplificateur de ligne haut niveau, ce qui fait que cet appareil est destiné à l'enregistrement et au traitement de la modulation en copie analogique et numérique par exemple.

Le choix d'une technologie à tubes était fixé dès le départ ?

Oui car les tubes, contrairement aux transistors et circuits intégrés permettent des niveaux transitoires plus importants ; la distorsion engendrée en cas de surmodulation étant moins désagréable d'un point de vue subjectif.

Quels ont été les problèmes délicats à résoudre pour le développement de cet appareil ?

Le montage utilise quatre tubes par canal (2EF86 à l'entrée, ECC82 et ECC83 à la sortie). Les problèmes se sont



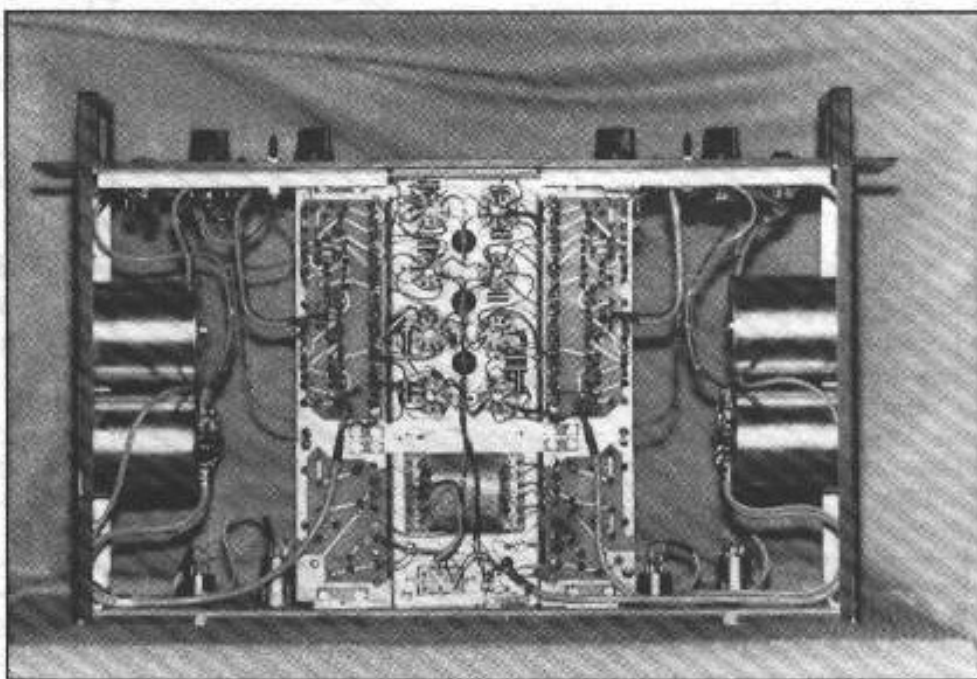
Le préamplificateur à tubes développé par M. Lehner. Bande passante : 20 Hz à 30 kHz dans $\pm 0,8$ dB. Niveau d'entrée : 1 mV à 3,16 V ; niveau de sortie : 11 V + 23 dB.

posés pour les transformateurs, notamment ceux utilisés en sortie dont la réalisation est très délicate en partie à cause de la présence de l'enroulement de contre réaction. Ceci étant, les transformateurs d'entrée d'un rapport de 1 à 10 ne sont pas plus faciles à réaliser. Mais c'est maintenant au point, après plusieurs prototypes tout à été résolu...

En ce qui concerne l'alimentation du montage ?

Le chauffage en continu des tubes s'est imposé pour limiter le bruit de fond. Les tensions de chauffage sont stabilisées, ce qui permet de s'affranchir des variations de la tension secteur et d'éviter un décalage du niveau d'écrêtage.

M. Lehner, il ne nous reste qu'à vous remercier encore une fois d'avoir accordé cette entrevue aux lecteurs de L'Audio-ophile.



Une implantation résolument audiophile.