

N° 26 NOUVELLE SÉRIE 17<sup>e</sup> ANNÉE

HAUTE FIDÉLITÉ PLUS !

# L'AUDIOPHILE

## QUID

### LES MUSES D'OR



A l'ensemble Denon  
DA-S1 et DP-S1

### CLASSIQUE :

Les disques des 2 derniers mois

**JAZZ** : Made In France

### RÉALISATION PERSONNELLE

A propos de la partie  
analogique  
des lecteurs CD

• **TIRER LE MEILLEUR  
PARTI DE VOTRE  
CHAÎNE :**  
LE TUNING  
MODE D'EMPLOI.

• **NOUVELLES  
TECHNOLOGIES :**  
UN PROCESSEUR PAS  
COMME LES AUTRES  
LE BBE 1002.

• **THÉORIE :**  
LE NEMESIS COMPENSÉ.

• **POINT DE VUE :**  
TECHNOLOGIE D'HIER  
ET DE DEMAIN :  
LES PARADOXES DE  
L'ÉVOLUTION.

• **QUOI DE NEUF ?**  
HOME THEATER  
AUDIO ET VIDEO.

N 2569 - 25 - 55,00 F - 90



**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

Quoi de neuf?

## AUDIO ET VIDÉO

Jean Hiraga

**L**a prolifération des maillons haut de gamme au cours des dix dernières années a eu plusieurs conséquences sur un marché en perpétuelle évolution. Beaucoup de nouveautés, peut-être même un peu trop par rapport à un marché peu extensible, dans lequel la cadence de renouvellement des produits est souvent trop rapide par rapport aux souhaits et aux possibilités financières du consommateur. L'attitude de prudence des importateurs spécialisés nous permet ainsi de ne disposer en France que d'une petite partie de ces produits. Chez les grands industriels de la haute-fidélité, les difficultés rencontrées dans le petit créneau du haut de gamme ont eu pour conséquence la renaissance des maillons de milieu-haut de gamme ainsi que différentes tentatives de percée de nouveaux marchés.

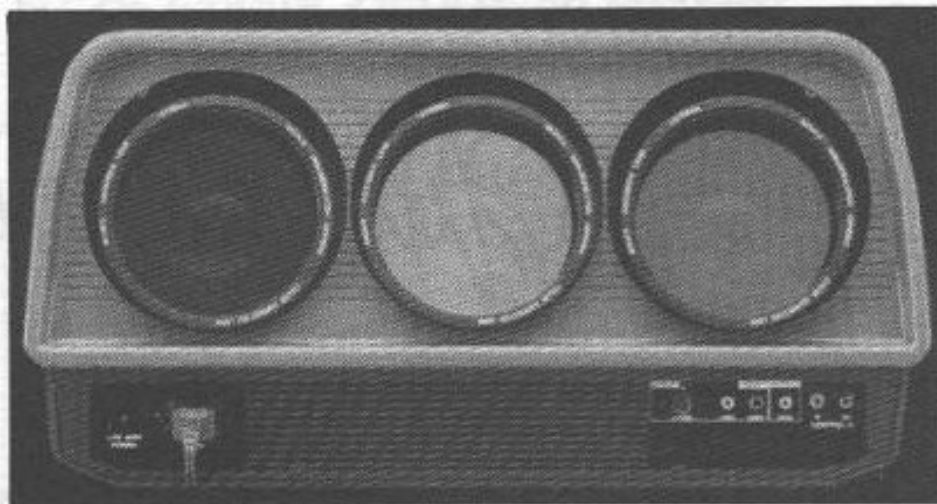
### “Home Theater” et audio vidéo

Le “Home Theater” est un nouveau créneau de marché qui semble décidément intéresser beaucoup de monde. Il y a un an à peine, audiophiles, magasins spécialisés et organisateurs de salons ne semblaient s'y intéresser que de loin, prétextant des questions de clientèle, de marché différents, de multiplicité des standards vidéo ou de prix. A présent, les choses ont beaucoup évolué, en particulier à partir du moment où l'on s'est aperçu qu'il existait un formidable potentiel de synergie entre différents marchés qui se trouvent ainsi réunis grâce au

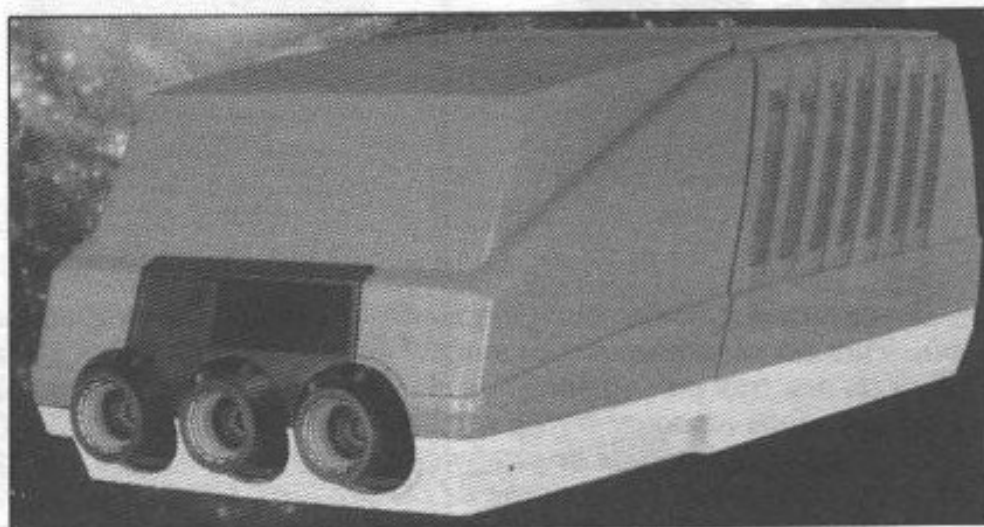
“Home Theater”, autrement dit le “spectacle à domicile” : audio, vidéo, réception satellites, ameublement, meubles sur mesure, éclairage simple ou asservi au système audio vidéo, installation à domicile par professionnels, soft audio-vidéo-TV et multi-média. Il y a deux ou trois ans, le “Home Theater” faisait encore partie de ces rêves quasi inaccessibles, tels que ces superbes installations décrites dans les deux ou trois revues spécialisées américaines et japonaises. Car le “Home Theater” installé dans les règles de l'art est toujours coûteux dès que l'on essaie de couvrir le champ de vision de façon suffisante pour obtenir l'effet “spectacle” re-

cherché, tout en respectant les limites imposées par le standard vidéo. Ceci mérite une petite explication. Lorsque l'on regarde un téléviseur courant (625 lignes, image au format 3 x 4), il est de règle de respecter ce que l'on pourrait appeler la “distance critique” au-delà de laquelle le spectateur ne peut plus visualiser les lignes formant l'image sur l'écran. Il s'agit en fait d'une question de seuil de définition, c'est-à-dire l'angle minimal formé par deux points et l'œil situé à une distance donnée par rapport à ceux-ci. La moyenne se situe vers le 1/60ème de degré, en-deça de laquelle l'œil ne distingue plus deux lignes parallèles, mais une seule.

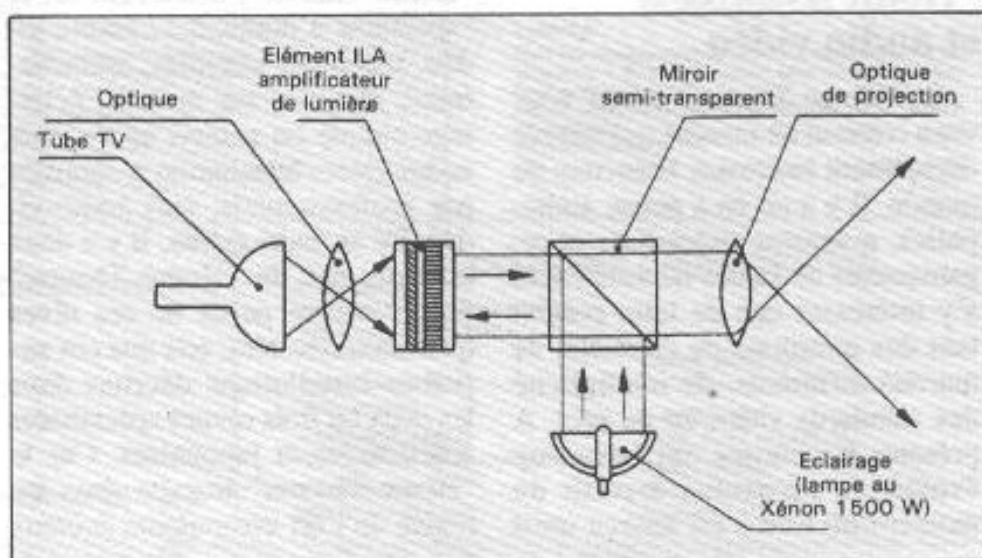
En télévision c'est une règle de base à suivre, puisqu'elle déterminera les notions de fatigue ou de confort visuel. Si l'on prend un écran TV de 40 cm de hauteur et de 53,3 cm de base, soit une diagonale proche de 67 cm, la distance "critique" minimale à prendre par rapport au téléviseur est égale à 7 fois la hauteur de l'écran, soit 2,8 mètres. Cette condition est généralement respectée. Par contre, le champ de vision latérale que l'on obtient par rapport à cette distance reste étroit, de l'ordre de 14° seulement. Ceci limite le mouvement des yeux à une dizaine de degrés dans le sens vertical ou horizontal (pour une question de cadrage des sujets filmés). Il en résulte un effet dit de "trou de serrure", de vision avec des "œillères" qui empêche le spectateur d'entrer dans le spectacle, d'oublier ce qui entoure l'écran. Dans une bonne salle de cinéma (genre Max Linder à Paris lorsqu'on se trouve au centre du premier balcon), le champ de vision latéral dépasse les 30°. Les murs de teinte noire mate participent à faire mieux oublier encore leur présence (c'est le cas de plusieurs salles parisiennes récentes) et lorsque le spectacle commence on ne voit plus que l'écran. En transposant cette condition en milieu domestique, dans un local de 20 m<sup>2</sup> par exemple, on se rend très vite compte des limites imposées par le standard vidéo, sans compter celle du prix. On souhaiterait pouvoir disposer d'une image de 1,50 m à 2 m de base, que l'on pourrait regarder à 3 m de distance, avec une luminosité et une netteté de qualité comparable à ce qui est offert par le son audionumérique 4 pistes. Ce minimum d'exigences du côté image dépasse malheureusement les possibilités des standards vidéo actuels ainsi que celles de la majorité des systèmes de projection. En termes de netteté d'image, il faudrait disposer d'au moins 2 500 lignes avec une luminosité égale ou supérieure à 1 500 lumen.



Projecteur vidéo Sony VPH-500XJ.



Projecteur ILA-M315G JVC/Hugues. Grâce au procédé exclusif amplificateur de lumière, sa luminosité est 6 à 10 fois supérieure à celle des projecteurs vidéo courants.



Principe de l'élément amplificateur de lumière.

Avec de bons projecteurs vidéo, genre Sony VPH-500XJ, on obtient 650 lignes en définition horizontale et une luminosité maximale de 650 lumens. Dans le haut de gamme et à condition d'investir quelque 140 000 F, l'Electro-Home ECP-2100 atteint 925 lumens et 1 000 lignes ce qui est mieux. On peut faire mieux en terme de flux lumineux en utilisant le système dit "amplificateur de lumière" ILA conçu par JVC et Hugues Aircraft, le projecteur ILA-M315G (1 000 lignes de définition horizontale, 6 000 lumens en pointe) mais il faut déboursier quelque 400 000 F...

Au Japon, les programmes de TVHD au format Muse sont diffusés depuis novembre 1991 à raison de 8 heures de programme par jour et le vidéo disque atteint un taux d'équipement record. Les téléviseurs 16/9ème au standard haute définition Muse y sont désormais proposés à des prix un peu moins inabornables soit, par exemple, 45 000 F pour le Sony 32 pouces KW3210HD. C'est encore beaucoup, bien que ce prix soit sensiblement égal au tiers de ceux proposés il y a deux ans seulement. Ce trop grand pas en avant présente plusieurs lacunes comme, par exemple, la non-disponibilité de magnétoscopes et de caméscopes haute définition. Précisons par exemple que des caméscopes professionnels au format Muse TVHD, genre Toshiba HSC-100 ou Sony HDC-300 valent au Japon entre 1,2 et 1,5 millions de francs. De très gros efforts ont par contre été réalisés au niveau des lecteurs de vidéodisques haute définition. L'image étant analogique, il fallait disposer de quelque 30 MHz de bande passante ce qui limitait la durée de lecture des premiers systèmes professionnels (Sony HDL-2000 par exemple) à 15 minutes par face en mode CLV (vitesse linéaire constante) et seulement 8 minutes en mode CAV (vitesse angulaire constante). C'est bien peu pour un

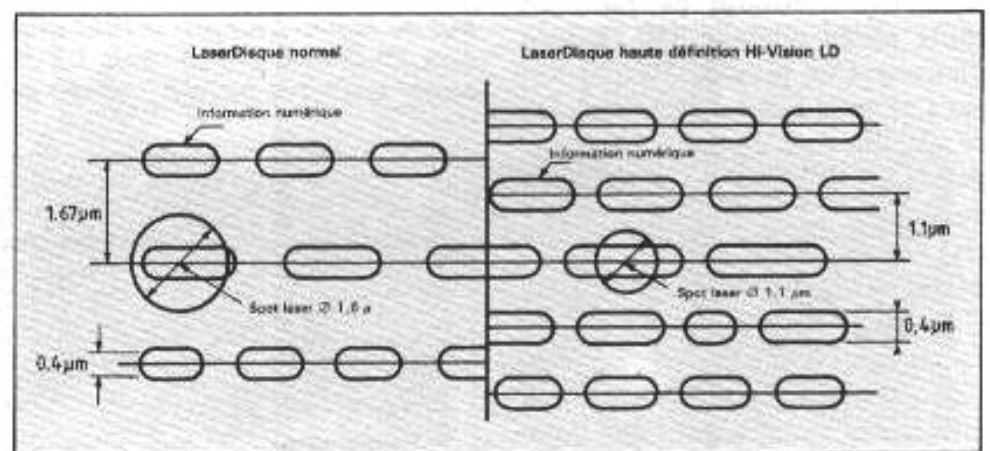
disque de 30 cm avoisinant les 1 200 F pièce ! Fort heureusement, le système TVHD Muse "Hi-Vision" permet de travailler sous 12,5 MHz de bande passante vidéo seulement, tout en assurant deux heures de lecture (2 faces d'un disque 30 cm). On satisfait ainsi aux principales exigences du marché sans pour autant faire appel à des technologies très récentes comme le laser bleu. Sur le disque vidéo HD-LD, les sillons de largeur  $0,4 \mu\text{m}$  (comme sur le disque vidéo standard) sont moins espacés (pas de  $1,1 \mu\text{m}$  au lieu de  $1,67 \mu\text{m}$ , ce qui réduit le diamètre du spot laser à  $1,1 \mu\text{m}$  (contre  $1,6 \mu\text{m}$  sur un vidéo disque standard).

A l'heure actuelle, cinq grands constructeurs japonais se sont déjà mis d'accord pour lancer ce nouveau format de vidéodisque. Une vingtaine de titres sont disponibles depuis août 93 : Dracula, Terminator 2, Basic Instinct, etc. à un prix assez peu abordable, soit 1 200 F en moyenne. Mais n'était-ce pas le prix des toutes premières cassettes VHS enregistrées !

Les lecteurs de vidéodisques adaptés à ce nouveau format japonais appelé Muse sont également compatibles et peuvent accepter les vidéodisques standard au format NTSC. Il faut insister sur le fait que c'est grâce au format Muse qui inclut différents systèmes comprenant

la compression des données ou le codage d'élimination des images fantômes qu'il a été possible d'obtenir une heure de lecture par face pour un disque de 30 cm. Les 12,5 MHz de porteuse et le 3,8 MHz de désaccentuation sont obtenus à partir d'une lecture par rayon laser de longueur d'onde 670 nm (contre 780 nm pour un disque standard). La vitesse linéaire, comprise entre 13,8 et 15,2 ms (en mode CLV) correspond à une vitesse de rotation angulaire moyenne de 2 700 tours/minute (contre 1 800 tours/mn maximum pour un vidéodisque NTSC standard). Au nombre de trois pour le moment le Sony HIL-C1, le Panasonic LX-HD10 et le Pioneer HLD-1000, d'autres lecteurs du même genre sont attendus prochainement chez Sanyo et Toshiba. Il faudra sans doute y ajouter d'autres marques qui se procureront les pièces détachées en OEM par sous-traitance.

Pour en revenir plus généralement aux dialogues sur les vidéodisques au format NTSC, d'origine japonaise (environ 15 000 titres disponibles à ce jour), il a été remarqué dans ce pays et pour les films étrangers, une nette préférence pour les films sous-titrés, ce qui permet de conserver la voix et la piste son d'origine. Le sous-titrage conventionnel présente le

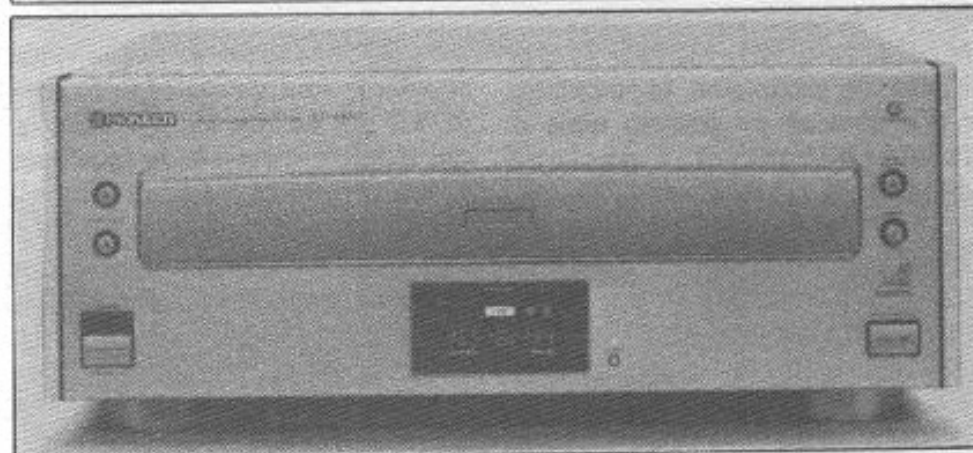
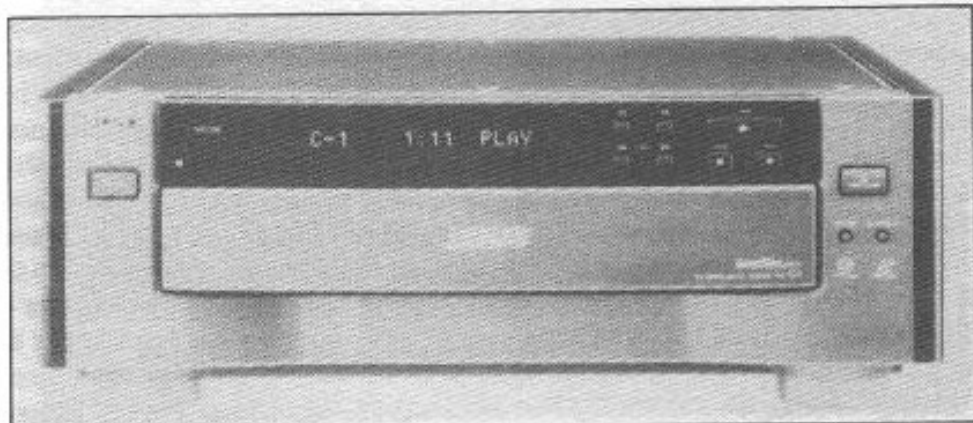


Aspect des informations codées sur un disque CDV courant (à gauche) et un disque CDV haute définition "Hi-Vision" (à droite). On remarque un pas de gravure plus serré et un spot laser de diamètre plus réduit ( $1,1 \mu\text{m}$  contre  $1,6 \mu\text{m}$ ).

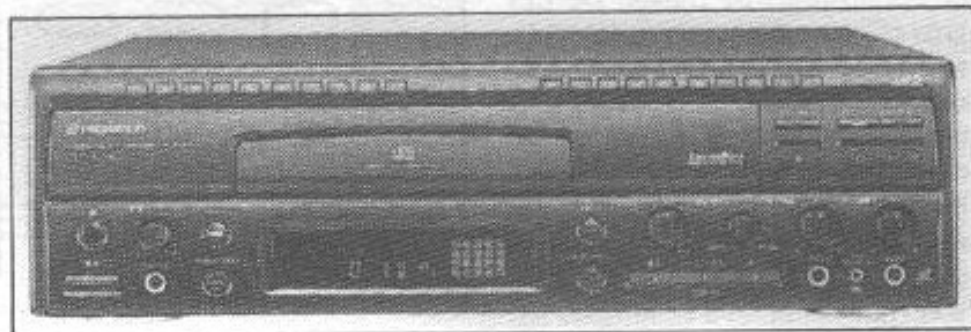
double inconvénient de masquer la partie inférieure de l'image et de ne pouvoir être supprimé. Depuis près de deux ans, des firmes comme Pioneer LDC font de gros efforts pour vulgariser le procédé LD+G (Laser Disque + Graphique) ainsi que le système de sous-titrage "video caption" ou "close caption". Principal avantage : deux lignes de sous-titrage placées sous l'image que l'on peut afficher, faire disparaître ou incruster éventuellement dans l'image. Sur des lecteurs CD/LD multiformats (à double tiroir) comme le Pioneer CLD-K55G (conçu pour le marché japonais et proposé à un prix avoisinant les 4 800 F), on accède aux possibilités nouvelles offertes par les vidéodisques incluant des informations graphiques (LD+G, video caption, karaoké) pour un prix très raisonnable. Dans l'audio vidéo, le multimédia représente toutefois une trop grande famille (en mutation perpétuelle) pour que l'on puisse intégrer dans le même appareil toutes ses possibilités.

La multiplicité des standards, des formats complique considérablement la situation : informatique CD Photo, CD ROM, télécommunications, audio-vidéo, réception audio et TV par satellite, livres électroniques, soft avec son multipistes, etc. Rien qu'en réception TV et radio DAB par satellite, on se trouve contraint de faire un choix parmi quelque 350 chaînes transmises en plus de 10 langues, par l'intermédiaire d'une douzaine de satellites nécessitant plusieurs paraboles simples ou multi-têtes motorisées, sans oublier les chaînes cryptées qui nécessitent en plus des décodeurs spéciaux et des cartes d'abonnement.

La partie son des systèmes audio-vidéo et multimédia a été sujette à différentes extensions et améliorations. En informatique, l'arrivée du CD ROM ouvre de nouveaux potentiels de marché grâce à son numérique stéréophonique et multicanaux. De nombreux amplifica-



Trois lecteurs de CDV vidéo haute définition, format Muse Hi-Vision (compatibles avec les disques CDV courants au format NTSC) sont déjà disponibles au Japon. Leur prix se situe entre 32 000 et 35 000 F. Sony HIL-C1, Pioneer HLD-1000 et Panasonic LX-HD10. D'autres appareils du même type seront mis sur le marché japonais avant 1994.



Lecteur de disque LD/CD Pioneer CLD-K55G. Prévu pour le marché japonais (format NTSC), il inclut un double tiroir (disques CD et CDV), les fonctions "karaoké" et G (sous-titrages, graphiques) auxquels on a accès, notamment avec les disques au format CD-G ou LD+G (disponible au Japon).

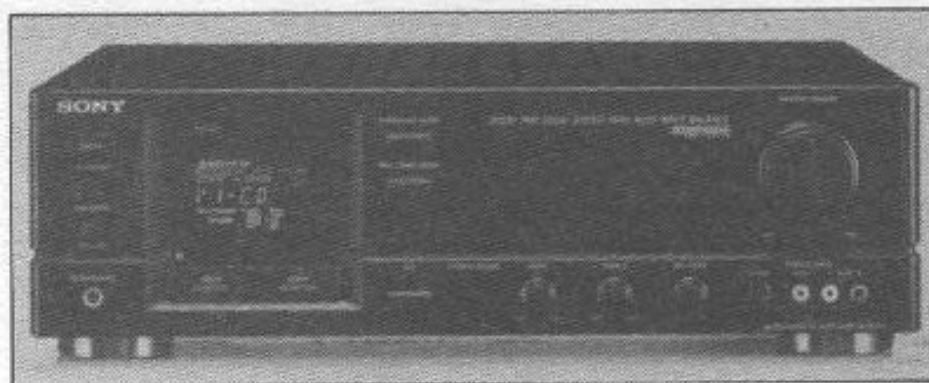


teurs dits AV, audio-vidéo multicanaux incluant des processeurs d'effets sonores "DSP" simplifiant quelque peu l'installation chez le particulier. Ces maillons associent presque toujours des performances très honorables, une forte intégration, de nombreuses entrées vidéo et audio. Ils existent dans différentes catégories de prix, parfois extrêmement compétitifs. Le nouvel ampli intégré audio-vidéo Sony TA-AV570 par exemple est commercialisé dans la fourchette des 3 500 F seulement. Il intègre un ampli stéréo 2 x 70 W pour les voies frontales, un autre de 2 x 25 W pour les voies arrière, un dernier de 35 W mono pour l'indispensable voie centrale, un processeur DSP trois ambiances, une processeur Dolby Surround Pro-Logic, 10 entrées audio, 3 entrées vidéo et une télécommande universelle à apprentissage (pour centraliser les commandes de plusieurs maillons télécommandables). En associant à cet intégré un lecteur CDV d'un prix attrayant (2 800 F par exemple) trois paires de petites enceintes d'excellente qualité, genre Kenonic KS 2203 (elles procurent une écoute remarquablement bien équilibrée) ainsi qu'un téléviseur 70 cm de qualité convenable proposé en grande surface à un prix de l'ordre de 5 000 F, on obtient un ensemble "Home Theater" complet dont le prix total est inférieur à 20 000 F. C'est vraiment peu en regard des possibilités offertes par un ensemble beaucoup plus convivial qu'une simple chaîne Hi-Fi.

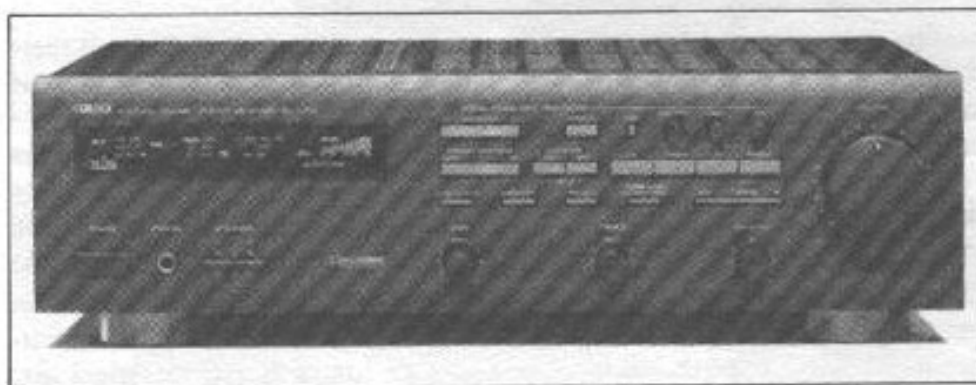
Rappelons qu'il existe également des amplis-tuners 5 canaux incluant processeurs DSP et Pro-Logic chez Yamaha (référence RX-V470 et RX-V660) sur lesquels on trouve en plus le programme spécifique "Ciné-DSP". Des maillons "AV" existent aussi en haut de gamme avec, pour exemple, le superbe Onkyo TX-SV 909 Pro (18 000 F environ, 7 amplificateurs de 3 x 110 W et 4 x 30 W), affi-

chage possible des fonctions sur écran TV. Rappelons à ce sujet que les prises de son stéréophonique codées en Dolby Pro Logic doivent être soumises lors de la reproduction à un décodage actif qui porte le même nom. On obtient ainsi à partir des deux canaux stéréophoniques la voie gauche, droite, centrale et d'ambiance. On pourrait

penser qu'il s'agit d'un procédé simple consistant, comme pour le Dolby Surround, à mélanger les voies gauche et droite pour obtenir le canal central et à altérer la réponse niveau/fréquence en y ajoutant une certaine dose d'écho pour créer les voies d'ambiance. Le procédé est en réalité beaucoup plus complexe et mériterait d'être dé-



*Amplificateur audio-vidéo (Pro-Logic) Sony TA-AV570. Un rapport performances/prix étonnant.*



*Ampli-tuner intégré audio-vidéo Yamaha RX-V470.*

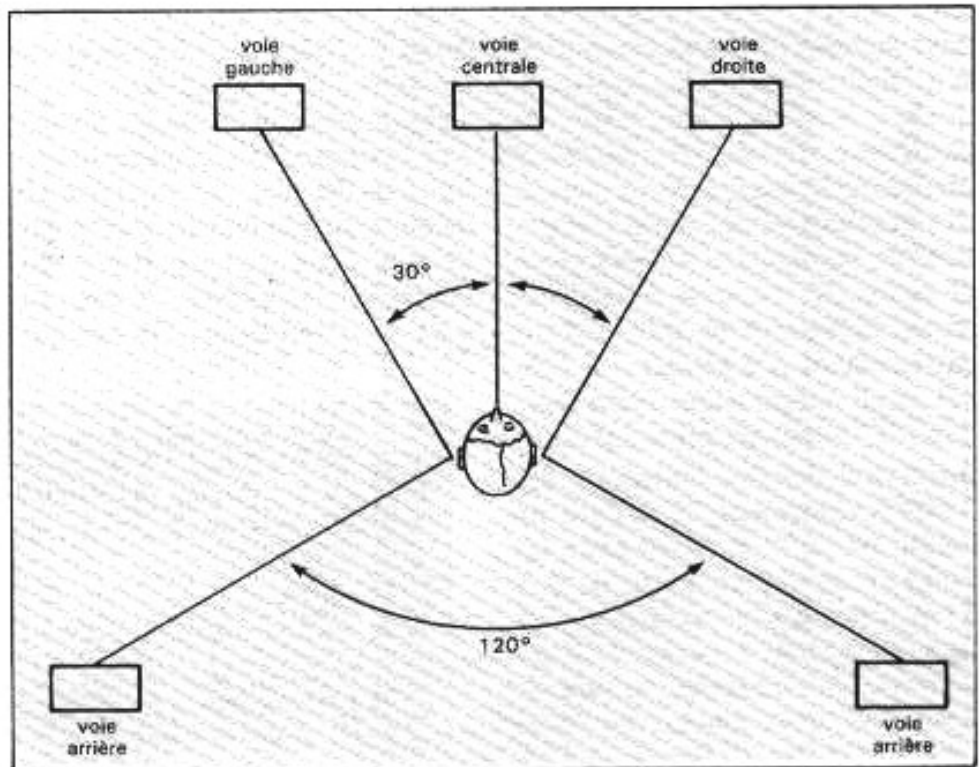


*Amplificateur audio-vidéo de haut de gamme Onkyo TX-SV 909 Pro.*

taillé sur une bonne douzaine de pages. Les canaux sont distincts, de sorte qu'un dialogue apparaissant sur la voie centrale, donc au niveau de l'écran peut rester totalement absent sur les autres voies. La disposition conventionnelle en mode Dolby Pro Logic doit être respectée si l'on souhaite obtenir l'effet spatial voulu lors du mixage. Les voies gauche et droite forment chacune un angle de  $30^\circ$  par rapport à la voie centrale. Les voies de surround, d'ambiance, formant entre elles un angle de  $120^\circ$ . Ces voies sont en général surélevées, ce qui améliore la diffusion dans la pièce d'écoute. Quant au procédé Home THX de LucasFilm, il prend pour base le décodage Dolby Pro Logic. Il doit être suivi de maillons agréés THX, d'un processeur THX, d'un traitement acoustique approprié du local et d'enceintes également agréés THX incluant des versions de "surround" fonctionnant en doublet acoustique (genre Snell SUR 500). Il s'y ajoute enfin une voie d'extrême grave qui permet de renforcer certains effets sonores.

## Nouveautés audio

Chez Accuphase, ce célèbre constructeur japonais spécialiste du haut de gamme, le superbe amplificateur MOSFET pure classe A A-50 de puissance  $2 \times 50$  W récemment introduit en France va être bientôt suivi d'un amplificateur intégré de très haut de gamme. Il ne reprend pas le style des intégrés Accuphase rencontrés jusqu'ici, mais plutôt celle du A-50, mais avec des commandes et un double VU-mètre central. La section ampli assure une puissance de  $2 \times 170$  W. On réunit ainsi les avantages des amplis intégrés tout en accédant au niveau des maillons séparés Accuphase les plus prestigieux : commande de volume à plots avec résistances calibrées, commandes logiques avec relais sous gaz inerte éliminant les liaisons longues, circuit imprimé avec pistes dorées 24 carats, montage symétrique assu-



*Disposition recommandée des enceintes en audio-vidéo avec un Dolby Pro-Logic 4 voies.*

rant un meilleur recul du bruit résiduel, radiateurs et transformateur d'alimentation surdimensionnés.

Il existe au Japon (comme dans d'autres pays également) des nombreux passionnés du disque noir. Denon par exemple continue de commercialiser avec succès la célèbre cellule MC DL-103, la version de luxe DL 103 GL ainsi que le dernier modèle de haut de gamme, la DL-QS1. Les cellules se complètent chez ce spécialiste par les tables de lecture DP-7F, DP-37F et DP -47F. Il existe aussi la PS-V725 chez Sony, la P100 de Kenwood et la JVC AL-6350 ainsi que la CEC ST 930. Le marché trop restreint ne rend malheureusement pas toujours ces modèles disponibles en Europe. Des firmes comme Ortofon et Barco-EMT ont créé récemment les modèles MC 30 Suprême et HSD-6, deux cellules MC de haut de gamme.

Il a été effectué en l'espace de quelques années seulement de très nets progrès en matière de casques haute-fidélité, ceci quelque que soit leur principe de transduction. En

version électrodynamique, les Sony MDR-CD550 et MDR-CD3000 figurent parmi les plus belles réussites de ces dernières années. On a réussi en plus à rendre le port de ces casques plus agréable grâce à l'utilisation de coussinets d'oreilles très souples et à un serre-tête mieux étudié. Comme on le sait, un des gros défauts de l'écoute au casque est la formation d'une image stéréophonique virtuelle à l'intérieur de la tête. Depuis longtemps déjà on a essayé de pallier ce défaut soit de façon acoustique, soit à l'aide d'un processeur électronique. On trouve par exemple, dès 1973, chez le constructeur japonais Napolex, aujourd'hui disparu, le casque CTX-1 MKII qui mettait à profit une fuite acoustique entre les écouteurs et les oreilles de façon à créer un champ diffus autour de la tête. Ceci s'avérait particulièrement intéressant lors de prises de son en binaural, avec tête artificielle.

Chez Stax, on connaît également les gammes de casques électrostatiques Lambda sur lesquels les cellules sont placées légèrement en

avant et de façon inclinée, pour améliorer l'impression d'image frontale. Quant aux processeurs conçus dans le même but, ils ne manquent pas non plus. On pourrait citer à ce sujet les travaux de Benjamin Bauer dès 1960, les processeurs d'ambiance pour casques de Sound Concept (USA), de Technics et de JVC (Japon). Beaucoup de chercheurs dont Mertens, D. Cooper, G; Theile, D.M. Leaky, P. Damaske, Y. Makita ont travaillé sur ce sujet passionnant. Ces recherches ont abouti à l'élaboration de plusieurs théories relatives à la localisation spatiale ainsi qu'à celles de certains modèles de casques conçus pour assurer un meilleur effet spatial. Le dernier fruit de ces recherches est le casque SR 1000 IFL de la firme allemande De Vivanco & Co GmbH Co ou, pour simplifier les choses, Vivanco. Cette firme spécialisée dans les accessoires audio et vidéo a aujourd'hui 70 ans d'existence. Le SR 1000 IFL est le dernier né d'une gamme qui comprend une trentaine de casques. Le suffixe IFL "In Front localization" est celui d'un nouveau procédé qui améliore la localisation frontale sur casque. Le pouvoir de localisation variant sensiblement d'une personne à l'autre, l'équipe de recherche dirigée par l'acousticien Florian Keonig a dû effectuer de nombreuses mesures sur différents sujets, les unes concernant la courbe de réponse de l'oreille sous différentes incidences, les autres pour déterminer la localisation spatiale des sources fictives pour différentes positions des cellules de casque à proximité immédiate des oreilles. En jouant simultanément sur l'allure de la réponse niveau/fréquence et sur la position des cellules, Florian Koenig a pu démontrer qu'il était possible de former une image fictive frontale, du moins pour un pourcentage relativement important d'auditeurs. Selon Vivanco, un sondage effectué auprès de très nombreux auditeurs aurait permis de démontrer qu'à



Casque Vivanco SR-1000IFL à localisation frontale améliorée.

partir d'une écoute sur casque SR1000 IFL, 71% d'entre eux localisaient l'image stéréophonique devant la tête, sur certains programmes sonores. 39% d'entre eux situaient les sons devant la tête en permanence. Un effet tridimensionnel réaliste et précis sur casque s'accompagne toujours d'un meilleur pouvoir d'analyse et rend aussi les timbres plus justes. Le test d'applaudissements est l'un des plus révélateurs à ce sujet. Sur un enregistrement binaural, il favorise très nettement l'écoute au casque par rapport à celle d'une paire d'enceintes. La version SR 1000 IFL étant particulièrement bien étudiée au niveau de sa linéarité de réponse en fréquence, il n'est donc pas étonnant de constater que 81% des auditeurs cités aient apprécié le naturel de la restitution. C'est un casque élégant, semi-ouvert. Les voies gauche et droite, à respecter absolument, sont repérées par des anneaux rouge et vert. Le cordon souple mais robuste est équipé d'un jack au standard 6,35 mm (conducteur en cuivre OFC dés-oxygéné). Ce casque utilise des cellules de diamètre 40 mm disposées non pas au centre des boîtiers d'écouteurs mais en avant et plus bas. L'ensemble ne pèse que 265 g. Il est donc léger et contribue au confort de l'écoute. L'étonnant rapport qualité/prix de ce casque (il vaut moins de 900 F) et ses performances d'écoute exceptionnelles sont très certainement à l'origine d'un vif succès.

## Contrôle de volume

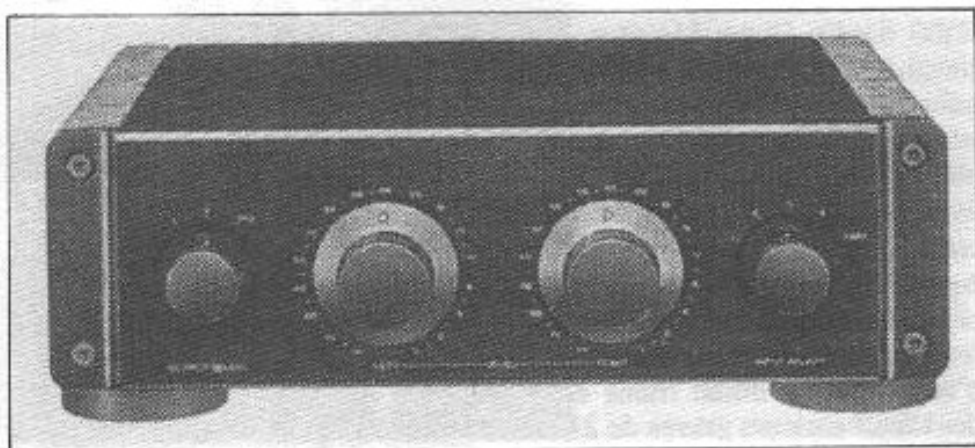
Sur tout maillon de haut de gamme digne de ce nom, une importance considérable doit être attribuée au potentiomètre de volume et à sa qualité : technologie employée pour les pistes résistives, type et nombre de curseurs, contacts par œillets, par colle conductrice, par soudure, résistance, capacité et self parasites, précision de l'appairage des courses, etc. Si l'on dispose d'un

système de reproduction sonore performant, la comparaison subjective instantanée de différents types de potentiomètres fait apparaître, après calibrage préalable, des différences parfaitement audibles relatives à la distorsion, à l'équilibre tonal, au pouvoir d'analyse. En plus, un potentiomètre peut "changer de timbre" gagner ou perdre en pouvoir d'analyse selon la position du curseur. Des fabricants comme Alps, Bourns, Violet, Cosmos, Noble ont réalisé de bons compromis, incluant prix acceptable, fiabilité et précision. De sérieux problèmes se posent par contre dès que l'on essaie de faire mieux. Le système à plots et à résistances calibrées est excellent en théorie, à condition de faire usage d'un sélecteur double possédant entre 30 et 50 positions (22 positions s'avérant nettement insuffisant en pratique), pourvu de contacts anti-bruits, fiable à long terme, à faible résistance de contact. Mais en voulant supprimer un défaut, on peut en créer d'autres. Sachons par exemple qu'une résistance est composée d'un élément résistif, souvent composite, de capuchons métalliques (le plus souvent en alliage ferreux) et de connexions de sortie soudées à ces capuchons. Le contact entre différents métaux n'est pas sans introduire d'effet de "pile" dit Peltier, tandis qu'il s'y ajoute une certaine "personnalité sonore" liée à la nature de l'élément résistif. La prise de conscience de ces différents points et leur conséquence sur le résultat d'écoute explique pourquoi les maillons de haut de gamme attachent de plus en plus d'importance au choix des résistances (et des autres composants actifs et passifs). Pour certains paramètres subjectifs les différences existant entre deux types de résistances sont parfois à la limite du perceptible. On peut par contre "amplifier" le caractère tonal d'un composant passif en montant en série ces composants ou, pour prendre un

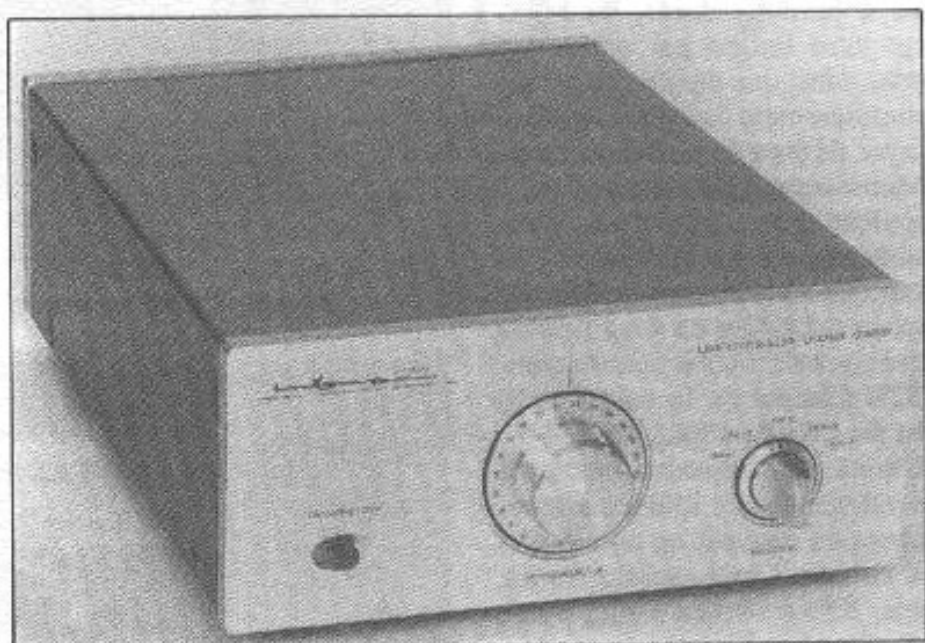
exemple concret, remplacer une résistance de type X de valeur 100 k $\Omega$  par 30 résistances de 3,3 k $\Omega$ , de même type montées en série pour former la même valeur ohmique. Or, c'est justement la configuration que l'on adopte pour la réalisation d'un atténuateur à plots !! Il faut donc redoubler de précaution dans le choix du sélecteur double et des résistances calibrées. Ces atténuateurs existent sous diverses formes, la plupart pour usage professionnel. Ils sont parfois des modèles "maison", un peu comme celui qui avait été conçu il y a quelques années par la firme américaine Cello. Il ne faut pas les confondre avec les modèles sur lesquels la piste résistive continue est associée à une mécanique d'avance par bonds. Dans tous les cas, la solution de l'atténuateur à plots et à résistances "audiophiles" calibrées est très onéreuse. Elle peut remplacer avantageusement le préamplificateur dès l'instant où l'amplificateur offre une bonne sensibilité d'entrée en association avec des enceintes au rendement élevé, l'autre condition étant de disposer de sources dont le niveau de sortie est compatible avec le niveau sonore maximum pouvant être obtenu sans saturation. Au Japon, Marantz vient d'y apporter une solution très raffinée, qui se concrétise par le SL-1. Son prix atteint 200 000 yens soit 11 000 F environ. Ce boîtier passif stéréophonique comporte 6 entrées avec deux atténuateurs 33 positions distincts en façade. Le sélecteur à couteaux dorés auto-nettoyants est monté avec des résistances de précision au carbone, mais à faible bruit, sans support céramique avec capuchons et liaisons en cuivre ultra-pur à cristaux longs LC-OFC/6N. Selon le constructeur, cet atténuateur serait le premier au monde capable d'assurer à l'écoute un pouvoir d'analyse aussi poussé, en particulier sur les niveaux faibles ou très faibles compris entre -60 et -90 dB.

Luxman fait mieux encore en es-

timant que le meilleur principe d'atténuateur est celui de l'auto-transformateur équipé d'une multitude de prises médianes, à condition bien entendu que celui-ci soit de très haute qualité. Luxman, ce grand spécialiste du transformateur basse fréquence a su mener ce projet à bien. Pour quelque 13 000 F (au Japon), Luxman emploie les grands moyens : AT 3000, un poids total de 6 kg pour une version stéréo équipée en façade d'un atténuateur jumelé à 23 positions. A l'intérieur, deux auto-transformateurs blindés individuellement avec, en addition, deux autres blindages supplémentaires. Les circuits magnétiques de structure EI sont réalisés par empilement de tôles très fines de 200  $\mu\text{m}$  d'épaisseur, en Super Permalloy. Leur surdimensionnement leur permet d'accepter plus de 5 V en entrée sans la moindre trace de distorsion. Luxman limite le nombre de prises médianes à 23, mais les compense par des bonds de 1 dB seulement dans la zone la plus utilisée située aux alentours de -20 dB. Le niveau inférieur se situe à -60 dB, pour satisfaire aux conditions d'utilisation les plus variées. Luxman prévoit sur cet élément passif de très haut de gamme (il n'existe à notre connaissance aucun préamplificateur au monde qui fasse usage d'un modèle similaire d'atténuateur) un "gadget" non négligeable : un circuit démagnétiseur. Il élimine les risques de magnétisation des tôles qui se produisent entre autres au moment de la mise en marche ou de la coupure des appareils (charge et décharge de condensateur de liaison). Le Luxman AT-3000 comporte 4 entrées Cinch-RCA associées à un sélecteur anti-bruit (mise à la masse entre les positions) Il s'agit là incontestablement d'une démarche de puriste, d'un produit dont le prix élevé mais justifié n'exclut pas pour autant des chances de succès commercial en Europe. Il mériterait donc d'être connu autrement que sur le papier.



*Atténuateur stéréo de précision Marantz SL-1.*



*Atténuateur stéréo à auto-transformateur Luxman AT-3000.*

## Système intégré

On peut encore adopter une démarche très différente comme celle de Bang & Olufsen pour le Beosound Century. Il reprend avec un raffinement des lignes qui rappellent le système 2500 les mêmes idées directrices, à savoir une grande souplesse d'utilisation, un faible encombrement autorisant un placement au sol, sur un meuble ou sur une étagère. La porte en verre du Beosound Century s'ouvre silencieusement à l'approche de la main et fait apparaître un tuner, un lecteur CD, un magnétocassette et un tableau de commande gérable soit directement soit au moyen d'une télécommande style Beolink.

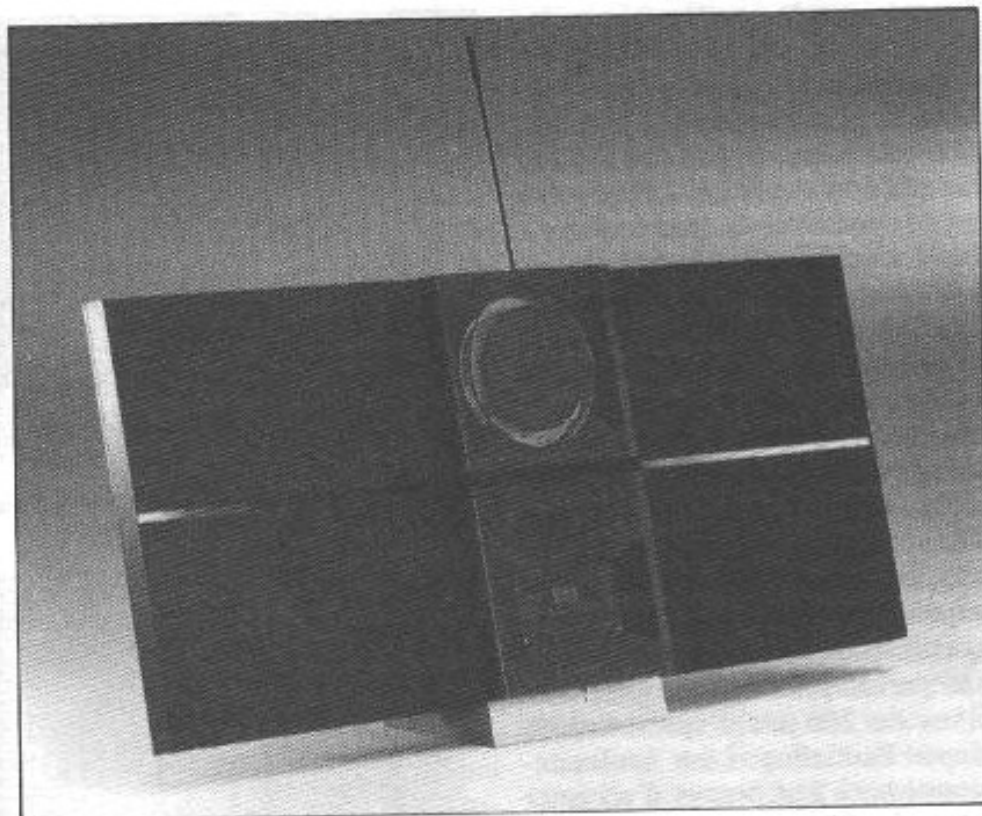
Sur la partie tuner, l'antenne dite "active" assure une capture optimale du signal. Les enceintes sont, elles aussi, de forme extra-plate, de type actif et sont en conséquence précédées d'amplificateurs séparés pour les voies grave et médium-aigu. Malgré la taille réduite des enceintes équipées de haut-parleurs de 10 cm pour les registres de grave-médium, on obtient un niveau sonore plus que confortable et des performances d'écoute tout à fait honorables pour un prix inférieur à 10 000 F.

## Enceinte de monitoring

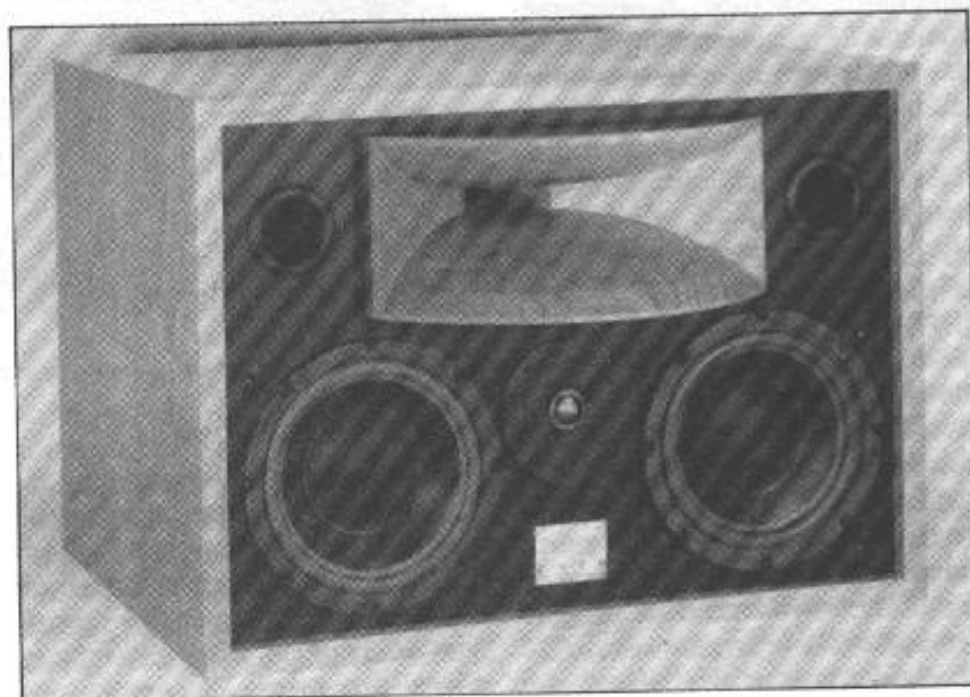
Passons pour terminer à la Solo

H500 Studio Home Monitor, une enceinte professionnelle, l'une des rares à inclure d'origine différentes petits "plus" et perfectionnements bien connus des audiophiles. Relativement compacte (47 x 61 x 43 cm), cette enceinte trois voies est équipée d'une chambre de compression dans le médium-aigu associée à un pavillon en bois massif, d'un tweeter à dôme titane et de deux haut-parleurs graves de 21 cm chargés en bass-reflex, avec membrane polypropylène. Le câblage de haute qualité inclut une connectique à borniers dorés, un bi-câblage avec liaison par câbles HP Cardas, ainsi que des filtres passifs particulièrement soignés (selfs à air avec fil émaillé de forte section, condensateurs à diélectrique polypropylène Solen, conception d'ensemble assistée par ordinateur. Précisons que cette marque américaine propose également un amplificateur à tubes à classe A/AB commutable, le 323. Comme on le voit, le tube n'est pas près de disparaître.

Citons, sans être exhaustifs, de nouvelles marques d'électroniques à tubes peu connues ou non importées comme Carle, Audio Value, Nobis, Klimo, Bruce More, VAC, EAR, Lumley, Unistar, Ensemble, W.A., Audio Note, Yakor Aronov, Copland, Trisol, Composer, Der Vorverstärker, LA Audio, Yoshino, Uesugi, SRK, MFA, Kanno, Wavestream, Merlin, Groove Tube et d'autres encore. Comme on le voit, en y ajoutant les autres marques connues d'électronique à tubes, il y aurait de quoi organiser un grand salon du tube.



*Système Bang et Olufsen Beosound Century.*



*Enceinte Solo H500 "Studio Horn Monitor".*

la nouvelle  
**REVUE DU SON**

**SON**  
MAG

L'AUDIOPHILE

VIDEO  
**SonPro**  
L'ART DE L'AUDIOPHILE

*E.M.P.P.S. département Editions Fréquences, 1 Bd Ney 75018 Paris*

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**





## LE NEMESIS COMPENSE

**U**

*n spectre hante la Haute-Fidélité : celui de la musicalité globale des amplificateurs. Son inaccessibilité (actuelle...) aux mesures alimente maints éditoriaux, rubrique Mur des Lamentations : "On ne sait toujours pas (hélas...) pourquoi un ampli sonne mieux qu'un autre..." Cette part de mystère fait l'affaire de plus d'un constructeur pour qui toute innovation, même mineure, est montrée comme décisive. L'étude qui suit confirme cependant que la musicalité d'un ampli obéit à des conditions précises qui, à défaut d'être suffisantes, s'avèrent bien nécessaires...*

L'amplificateur de puissance est un problème souvent abordé dans L'Audiophile, où ont été décrites des réalisations qui ont fait date :

- Les 20 et 30 W classe A Hiraga qui ont permis aux premiers lecteurs d'accéder à une véritable haute-fidélité.

- Le 8 W "Le Monstre" qui reste une référence en écoute large bande de faible puissance.

- Le 50 W classe A pour les nostalgiques de l'amplificateur Kanéda, permettant enfin d'alimenter les caissons Onken à une puissance réaliste.

- Le Nemesis qui réussissait l'exploit d'un amplificateur complet à un seul transistor, particuliè-

rement performant dans le médium et l'aigu.

- A ces réalisations "classiques" se sont ajoutées de nombreuses variantes ainsi que d'autres schémas, hybrides ou à tubes qui, tous, ont apporté leur pierre à l'édifice.

- Il ne faut évidemment pas oublier la contribution essentielle d'Héphaïstos dans le domaine de l'amplificateur, avec la mise en cause de la Distorsion Thermique dans la musicalité globale d'un ampli. Les montages maîtrisant autant que possible la distorsion thermique ; par exemple en évitant de réinjecter du continu par la contre-réaction, ont tous fait preuve d'une musicalité supérieure; Outre

les réalisations propres à Héphaïstos, difficile à oublier pour qui les a écoutées une fois, un montage tel que l'Amplificateur à Symétrie Totale à étage de puissance alimenté sur batteries et où les sources de distorsion thermique ont été jugulées autant que faire se peut, présente une musicalité sans faille, très proche d'un 2A3 par exemple, qui reste une référence en la matière, conjointement avec le 300 B.

### Nemesis et Super-Nemesis

Le schéma original du Nemesis, dû à Jean Hiraga (1) est donné fig. 1 dans sa version définitive.

Ce schéma est remarquable à la fois par sa simplicité (un seul transistor) et par sa rigueur (une très bonne stabilisation de toutes les tensions de polarisation) auxquelles il faut ajouter un choix judicieux des composants passifs, condensateurs en particulier. Malgré sa puissance réduite, inférieure à une dizaine de watts et sa fréquence de coupure basse vers 70 Hz, cet amplificateur apportait dans l'aigu et le haut médium une très grande finesse. Il faut dire que son transformateur de sortie de marque Tango y était pour quelque chose.

Le point faible de cet ampli était surtout sa fréquence de coupure basse réduite à 70 Hz, conjuguée à une puissance limitée.

C'est pour résoudre ce problème que le Super Nemesis a été étudié [2]. Celui-ci comporte un étage supplémentaire (fig. 2) permettant un taux de contre-réaction modéré.

Le résultat est spectaculaire dans les basses fréquences puisque la puissance disponible sans distorsion est de 5 W à 10 Hz.

L'écoute critique de cet amplificateur, effectuée aux Editions Fréquences par Jean Hiraga et Patrick Vercher a été très favorable : on retrouvait les qualités de médium-aigu du Nemesis associées à une tenue dans le grave très satisfaisante, ce qui améliorait beaucoup le bas médium.

## L'évolution vers le Nemesis Compensé

Le problème des amplificateurs classe A utilisant un seul composant actif en sortie, soit mono-triode, soit MOSFET, est que le courant continu de polarisation traverse l'enroulement primaire du transformateur de sortie.

Ce courant continu (inévitabile) provoque un champ magnétique permanent dans les tôles magnétiques, qu'il porterait à saturation si un entrefer n'était pas pratiqué dans le circuit. Cet entrefer empêche bien la saturation, mais diminue beaucoup l'inductance primaire du

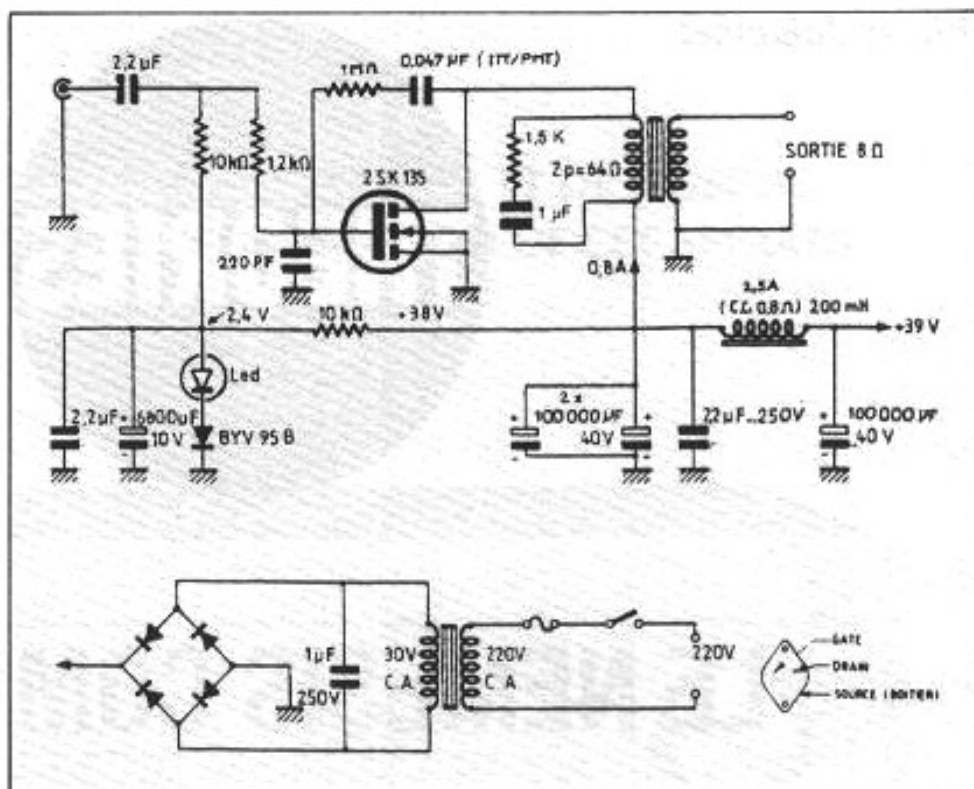


Fig. 1 : Schéma définitif du Némésis.

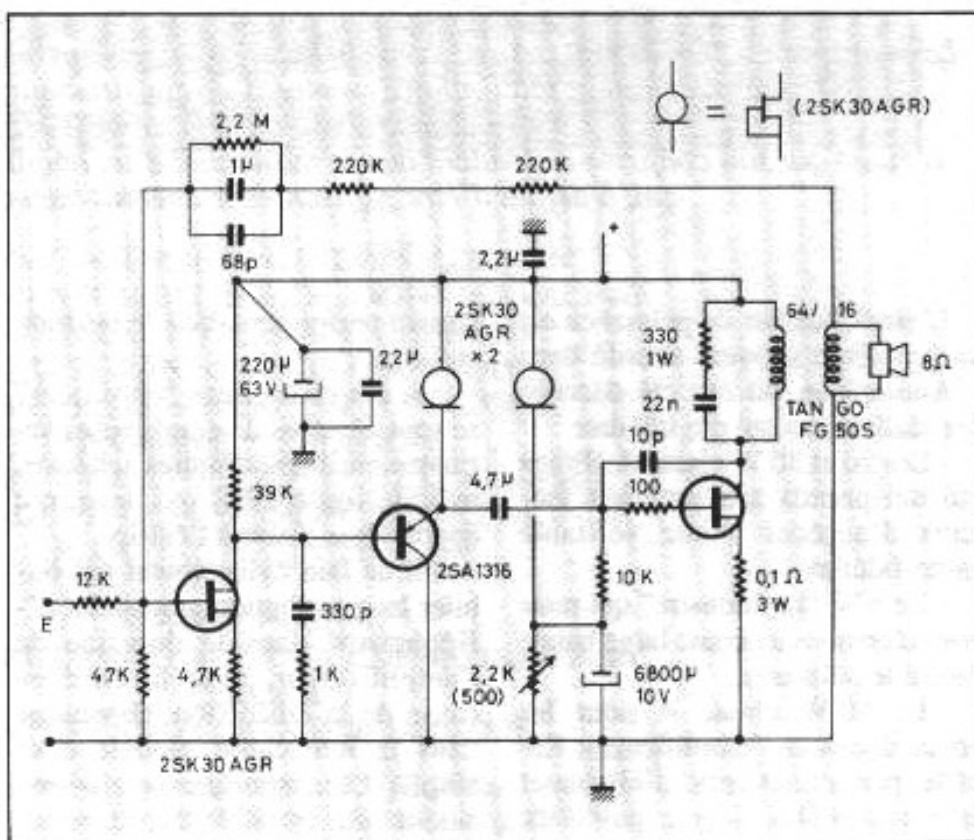


Fig. 2 : Schéma de principe du Super Némésis.



liaisons inductives avec les haut-parleurs (et qui semble avoir été fort lu des fabricants de câbles...), nous avons mis en évidence l'intérêt des transformateurs Metalimphy en tant que transformateurs de sortie.

Ceux-ci présentent en effet une bande passante extrêmement intéressante pour les usages Haute-Fidélité, que l'on retrouvera fig. 4.

A noter que cette qualité est loin d'être un avantage en matière de transformateurs d'alimentation, les innombrables parasites du secteur se trouvant également confortablement véhiculés de la prise de courant aux étages d'alimentation de nos précieux appareils... Souvent, des transformateurs moins performants à tôles imbriquées et forte tension de court-circuit peuvent s'avérer plus satisfaisants. Toutefois, avec une alimentation bien conçue et un filtrage énergique, les transformateurs toriques restent parfaitement utilisables.

Le transformateur choisi pour cette réalisation est un transformateur Metalimphy 330 VA, 2 x 110 V, 2 x 40 V.

En utilisant les unités en ohm habituelles aux transformateurs de sortie, ce modèle serait équivalent à  $73 \Omega / 9,7 \Omega$  donc très proche des valeurs adoptées pour le Tango.

On pourra donc utiliser :

- un enroulement 110 V comme enroulement primaire actif ;
- l'autre enroulement 110 V comme enroulement de compensation ;
- un enroulement 40 V comme enroulement secondaire (un essai subjectif a montré qu'il est très défavorable d'utiliser les deux enroulements 40 V en parallèle, des courants de circulation se produisant alors). L'autre enroulement secondaire de 40 V est simplement laissé en l'air.

## Réglages

Le seul réglage consiste à ajuster le courant de repos à 650 mA par Vr1, à l'aide d'un voltmètre en

dérivation sur la résistance de source de  $0,1 \Omega$  : on devra mesurer 65 mV après stabilisation thermique (environ 1 h). Les deux transistors de puissance - le transistor actif et le transistor de compensation doivent bien sûr être proches l'un de l'autre sur le même radiateur.

## Mesures

Celles-ci sont résumées dans les fig. 5 à 14.

La bande passante est bien sûr considérablement améliorée vers les basses fréquences.

## Aspects subjectifs

Par rapport au Super Nemesis, le gain dans le grave et l'extrême grave est sensible et c'est tout l'ensemble du spectre qui bénéficie de cette amélioration, comme on le constate souvent dans la mise au point d'un système.

On lira en annexe les commentaires d'écoute de l'équipe de L'Audiophile.

## Développements ultérieurs

Compte tenu de la puissance largement excédentaire des transformateurs de sortie, il était très tentant d'augmenter la puissance de sortie, la tension d'alimentation pouvant être poussée sans problème à 45 volts, ce qui pouvait conduire à une trentaine de watts efficaces.

Cette tentative a conduit à des résultats franchement décevants : on passait typiquement d'un son "monotriode" à un son "transistor" dans le mauvais sens du terme.

Cet essai était en soi extrêmement instructif, car il montrait que les paramètres de réglage (tension et courant de polarisation) d'un montage aussi simple étaient critiques. Pour analyser ce problème, nous avons procédé en deux étapes : un réglage subjectif et une analyse théorique du problème.

### • Le réglage subjectif

Il a tout simplement consisté à

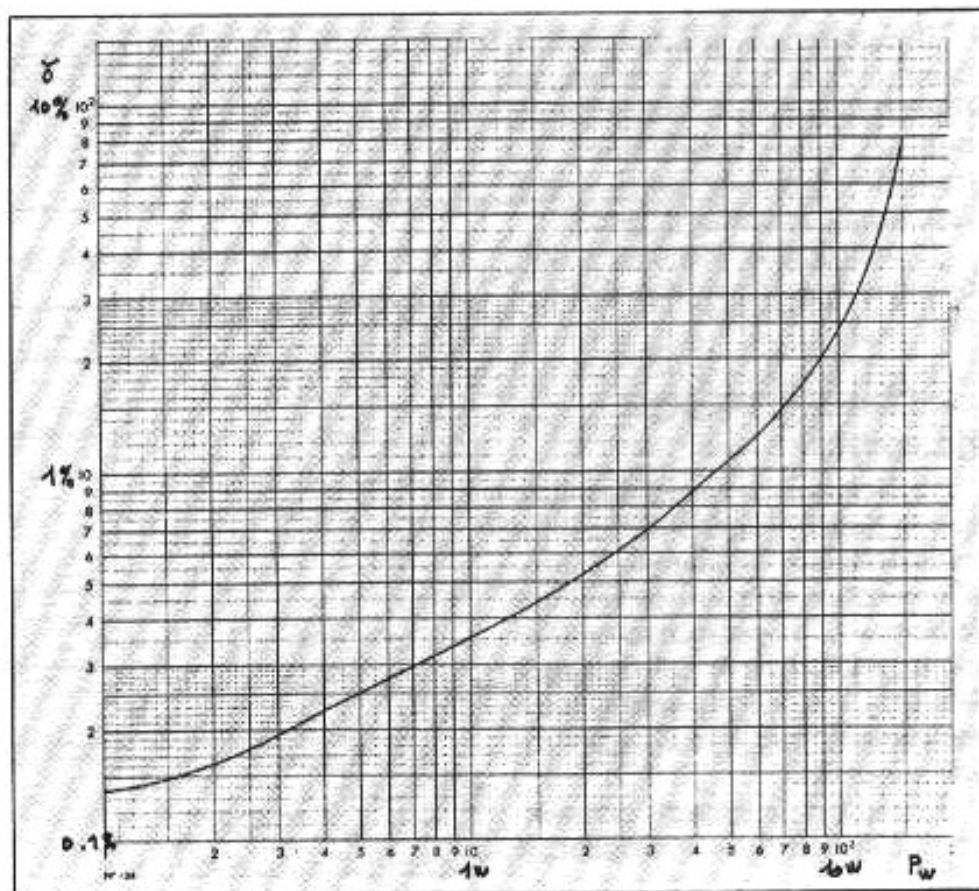


Fig. 5 : Némésis compensé : courbe de distorsion en fonction de la puissance.

Fig. 6 : Réponse à l'écrêtage -  
1 kHz, 14 W : prédominance d'har-  
moniques pairs et écrêtage doux.

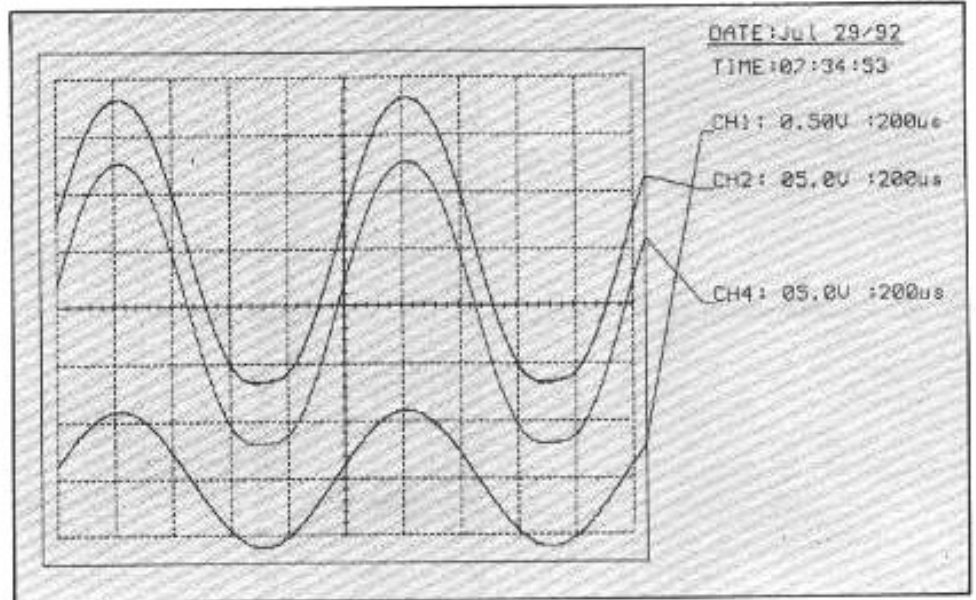


Fig. 7 : Réponse à 3 W, 15 Hz.

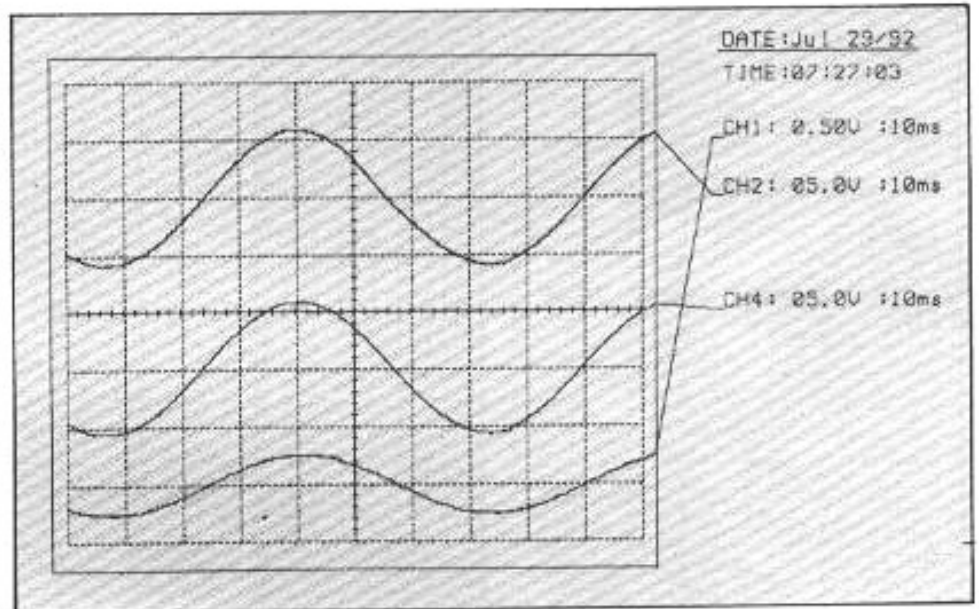


Fig. 8 : Réponse en signaux carrés à  
15 Hz, 10 W : l'amélioration obte-  
nue par la compensation est specta-  
culaire.

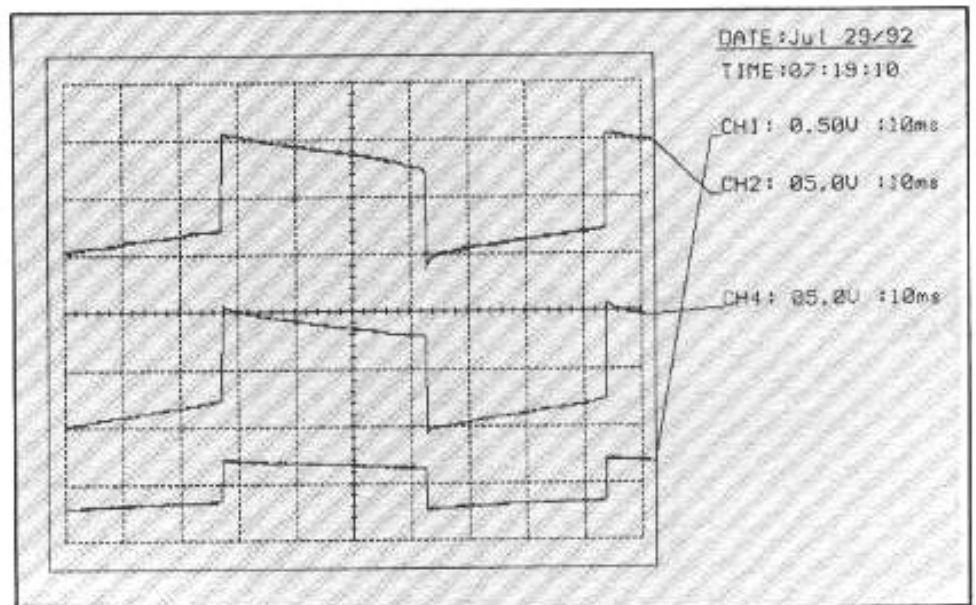


Fig. 9 : Signaux carrés 10 W, 1 kHz

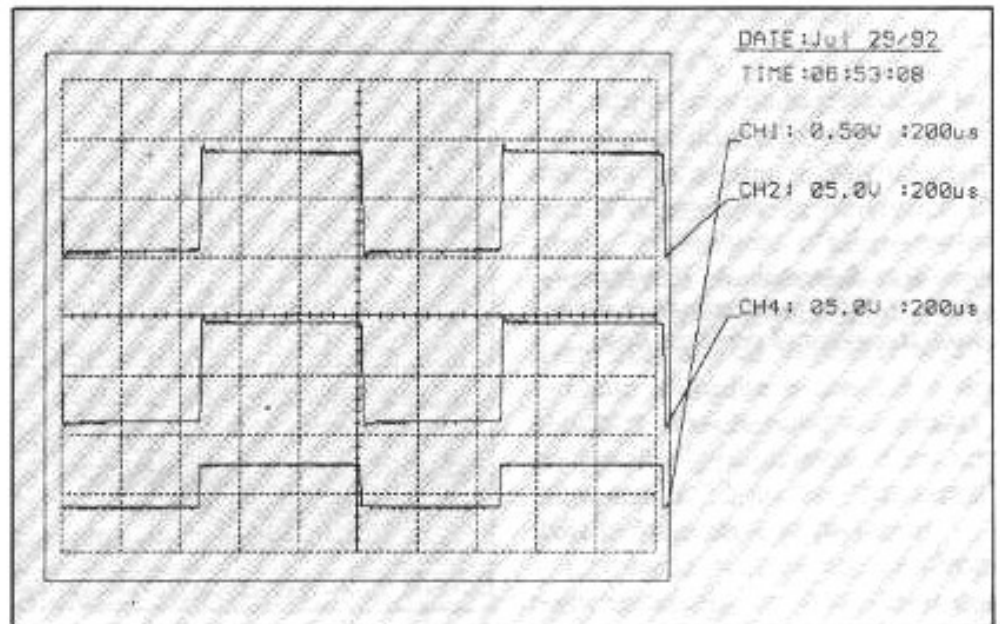


Fig. 10 : Signaux carrés 10 W, 10 kHz.

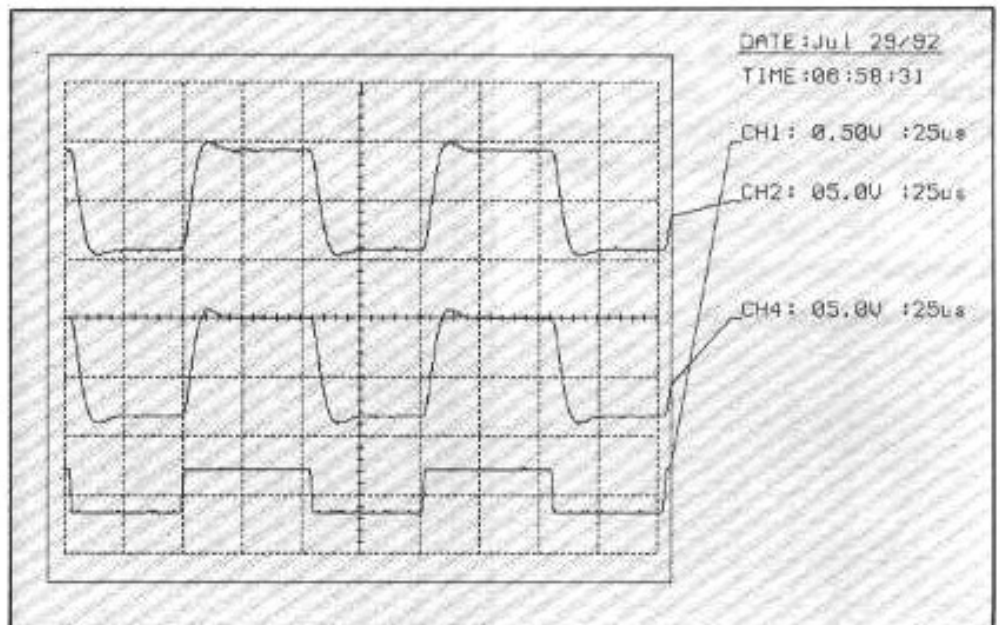


Fig. 11 : Signaux carrés 10 W, 20 kHz.

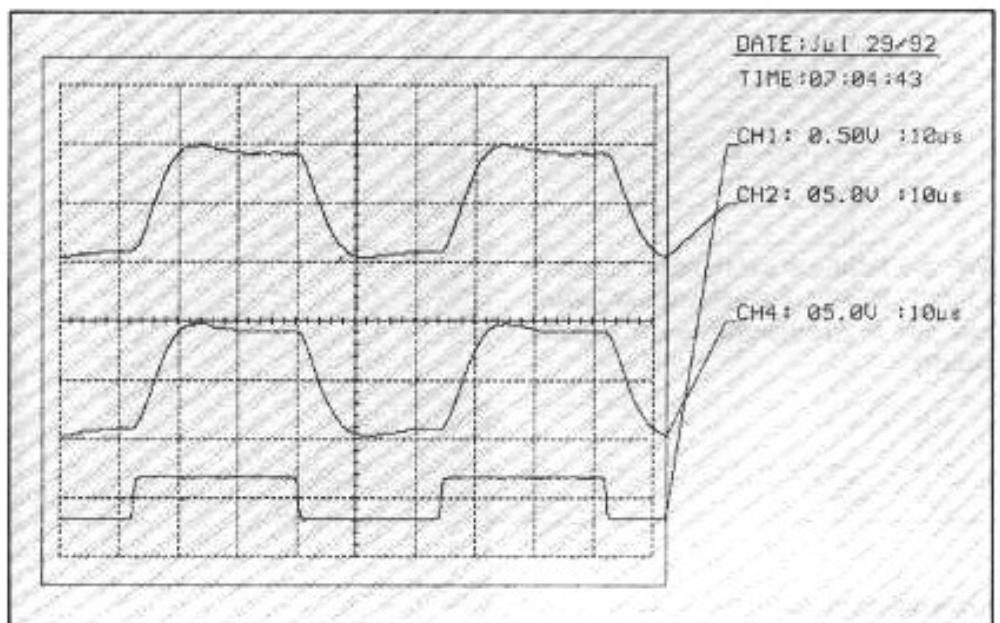


Fig. 12 : Signaux carrés 10 W, 37 kHz.

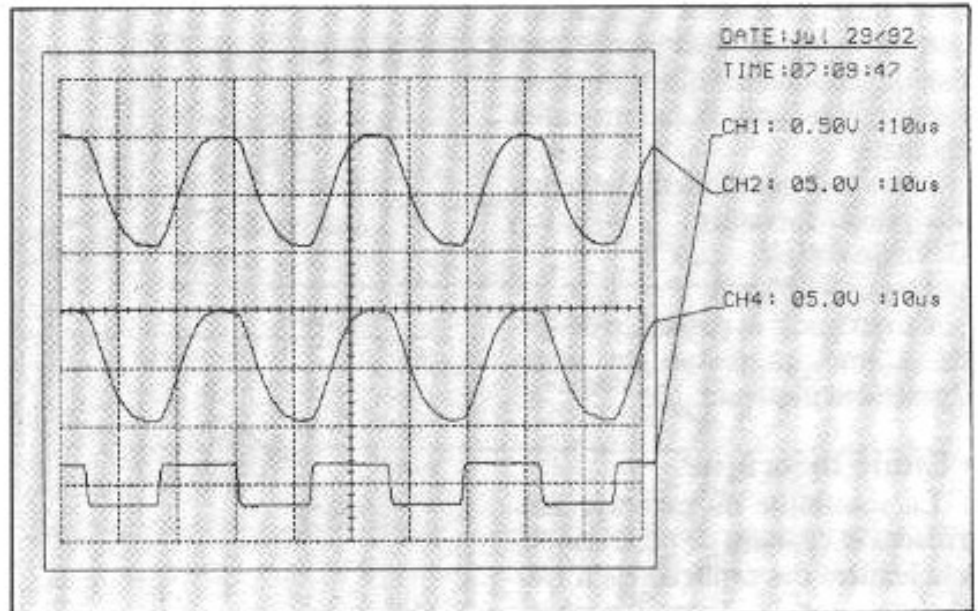


Fig. 13 : Forme de distorsion à 0,4 W/1 kHz (ch 4) : essentiellement de l'harmonique 2.

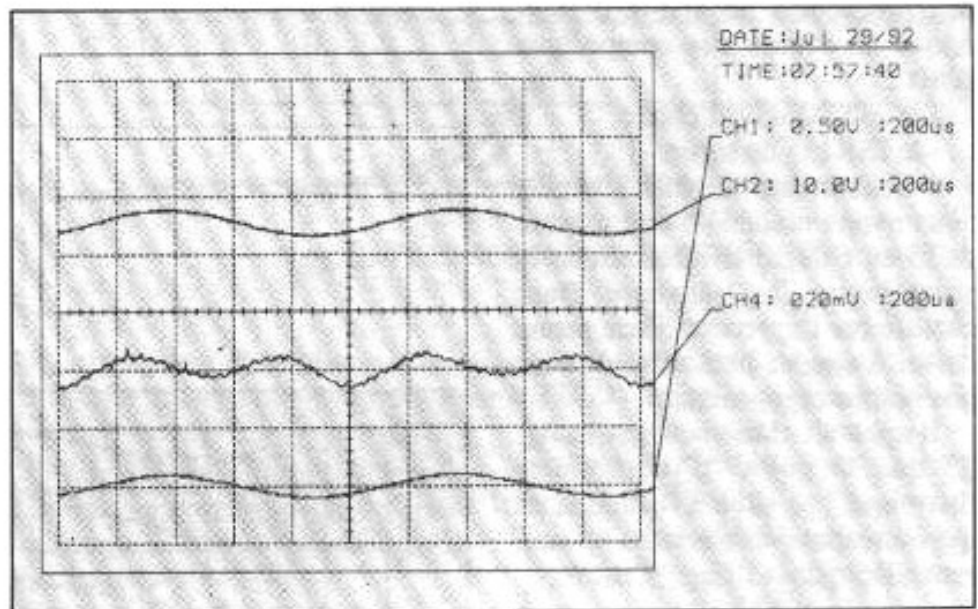
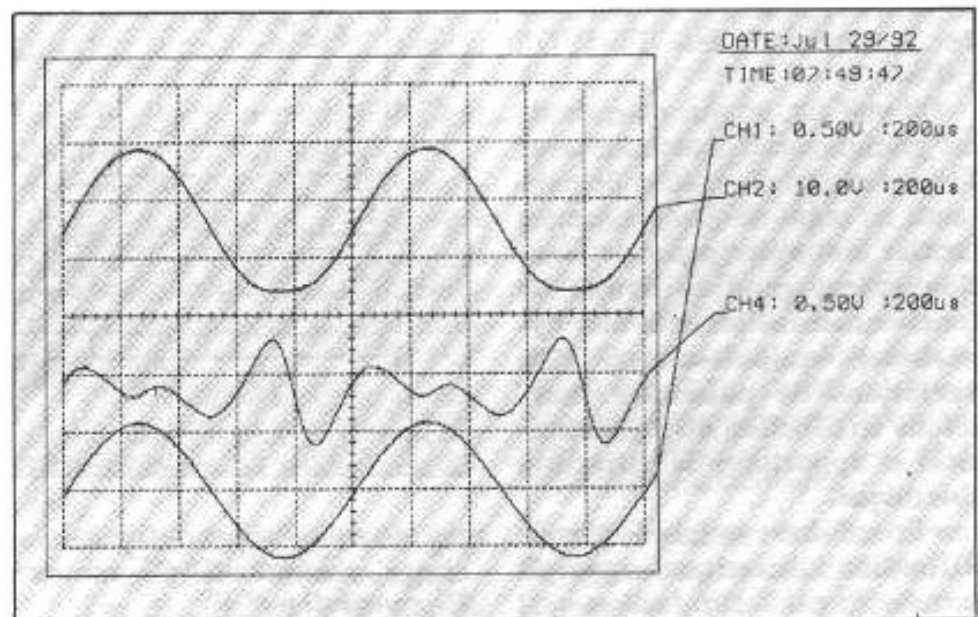


Fig. 14 : Distorsion à l'écrêtage 14 W, 1 kHz (à 2 %).



faire varier la tension d'alimentation du montage ainsi que le courant de repos du transistor de sortie jusqu'à obtention de la musicalité optimale.

Nous sommes ainsi parvenus aux valeurs suivantes :

Valim = 40 V

I repos = 650 mA

Ce qui limite la puissance de sortie à une quinzaine de watts (hautement musicaux...).

### • Etude théorique

La sensibilité du montage aux tensions et courants de polarisation, à la lumière des explications d'Héphaïstos sur la distorsion thermique, semblait bien mettre en jeu des problèmes de stabilité thermique au niveau des composants actifs :

- le 2SK30AGR d'entrée
- le 2SK135 de sortie.

Concernant le 2SK30AGR, nous avons procédé à une mesure de  $I_d$  en f ( $V_{gs}$ ) en fonction de la température, le transistor étant chauffé par l'approche d'une panne de fer à souder puis refroidi avec une bombe cryogénique.

Il apparaît clairement sur la fig. 15 que le point "d'indifférence thermique" se situe à 0,25 mA, ce qui correspond exactement au courant adopté dans l'étage d'entrée.

Pour le 2SK135 de sortie, nous avons tracé la droite de charge (ramenée au primaire) sur le réseau de caractéristiques  $I_d = f(V_{GS})$  (VDS).

On voit fig. 16 que cette droite est pratiquement confondue avec l'hyperbole de dissipation de puissance au point de fonctionnement choisi : tout autre point de fonctionnement rend la droite de fonctionnement sécante aux hyperboles équipuissances, d'où variations de puissance thermique en fonction du signal musical et apparition de distorsion thermique.

Conclusion : un fois de plus, la distorsion thermique apparaît comme un paramètre fondamental

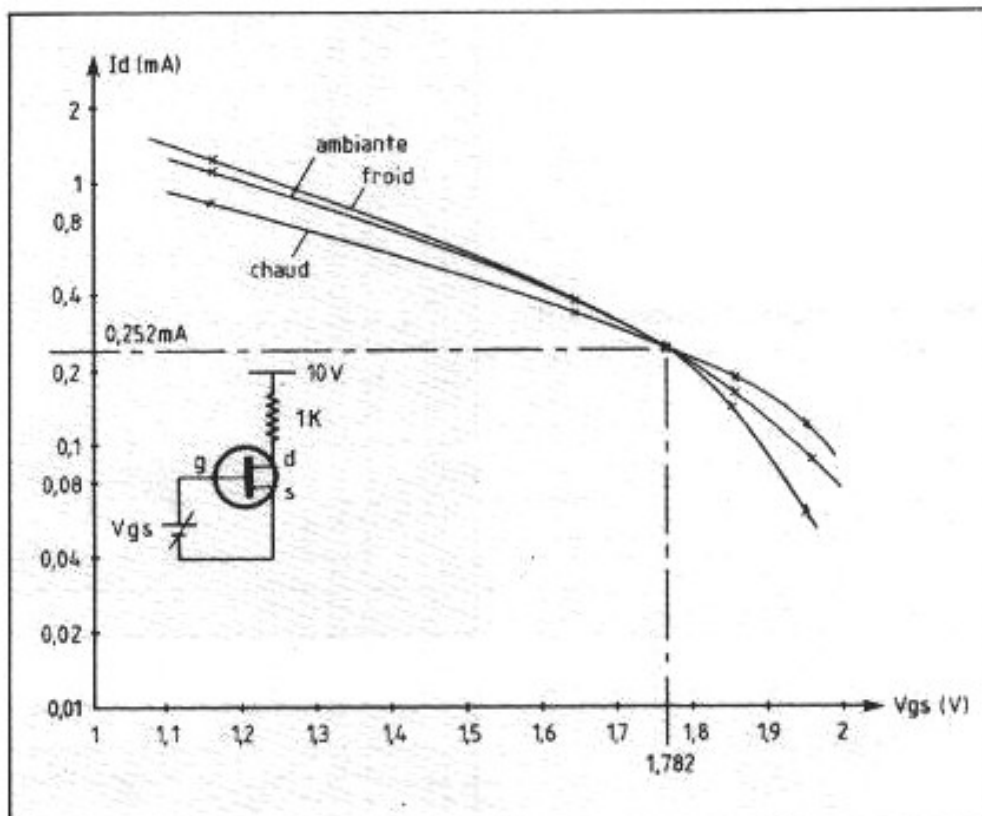


Fig. 15 : Point d' "indifférence thermique" du 2SK30AGR.

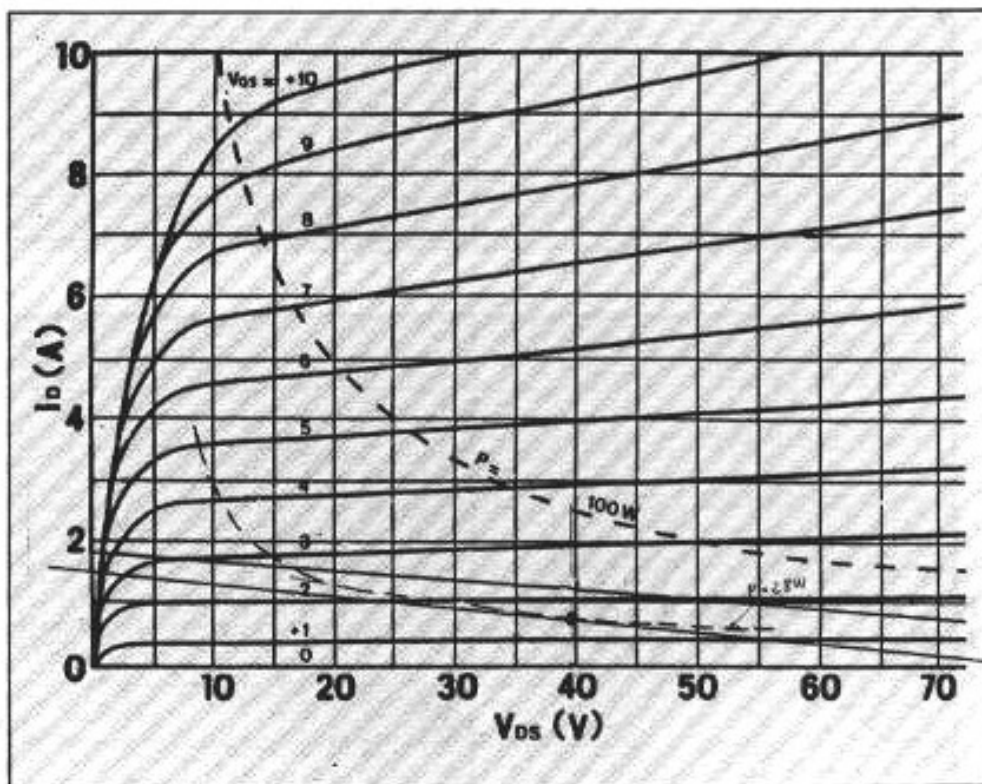


Fig. 16 : Pour le point de fonctionnement choisi (40 650 MA) la droite de charge primaire (52  $\Omega$ ) est tangente à l'hyperbole de dissipation  $P = \text{constante} = 28 \text{ W}$ .



dans la musicalité globale d'un amplificateur. Il apparaît comme extrêmement important que les composants actifs fonctionnent à puissance constante en régime de petits signaux et, en particulier, au point de neutralité thermique pour les FET.

### Remarque

En ce qui concerne les MOS-FETS de puissance, il existe bien un point d'indifférence thermique (cf. fig. 17), mais celui-ci correspond généralement assez mal avec les courants nécessaires en classe A pour la plupart des MOSFETS de puissance, il se situe à plusieurs ampères. Par contre, pour le 2SK135, il se situe à 60 mA, ce qui correspond à une valeur très convenable pour un fonctionnement en classe AB.

### Conséquences pour les précédentes réalisations...

Le 50 W+50 W classe A de structure Kanéda ainsi que l'Amplificateur à Symétrie Totale sur batteries utilisent un étage d'entrée à base de 2SK30AGR. A la lumière des résultats précédents, et étage d'entrée peut être modifié comme indiqué fig. 18.

L'amélioration, déjà nette sur le 50 W, apparaît comme décisive sur l'ampli symétrique dont le schéma définitif est donné fig. 19.

Une écoute comparative sur l'installation de l'auteur, déjà décrite dans ces colonnes montre une parenté très proche du 2A3 monodiode avec l'avantage d'une puissance supérieure et une tenue dans le grave et l'extrême grave incomparable, surtout depuis l'utilisation de câbles sans effet de mémoire (cf. épisodes précédents).

### Conclusion

Peut-on réaliser actuellement un amplificateur Haute-Fidélité en étant (à peu près...) sûr du résultat subjectif ? On peut raisonnablement répondre oui, à condition de respecter les recommandations suivantes :

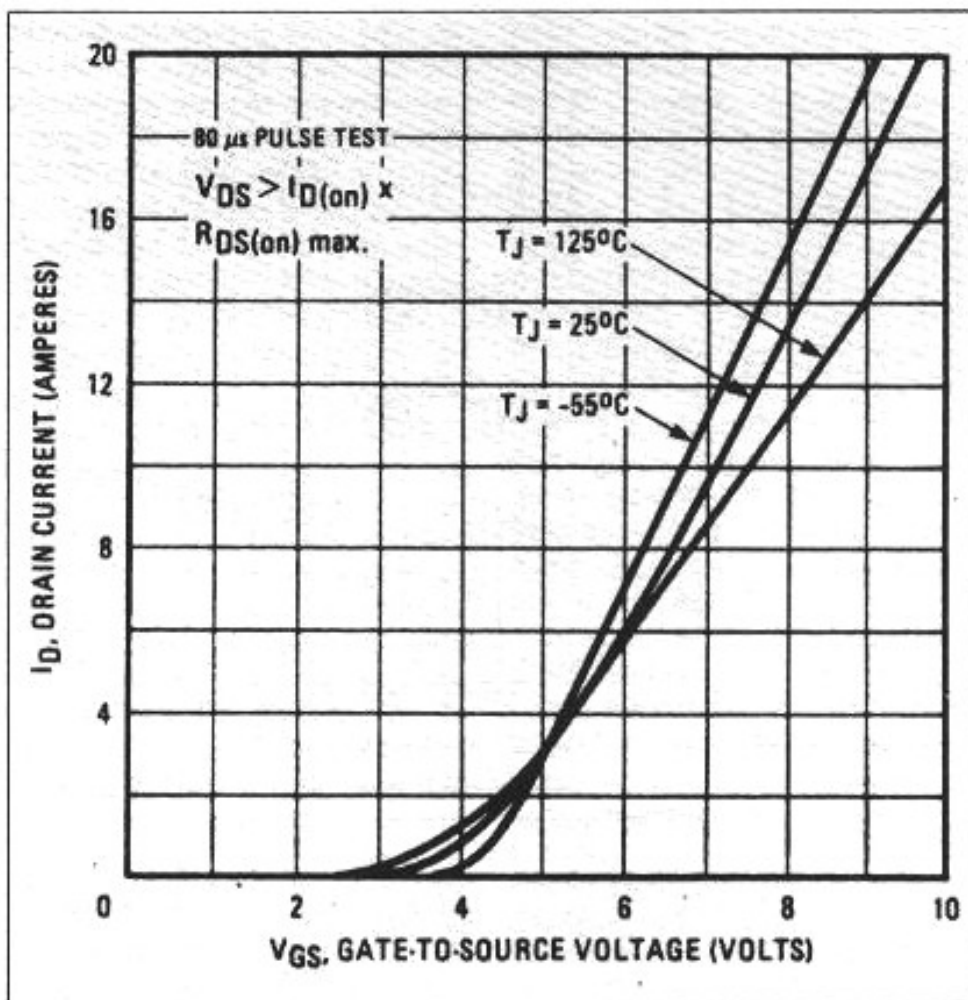


Fig. 17 : Point d'indifférence thermique pour un MOSFET type IRF 120 :  $V_{GS} = 5 V$ ,  $I_D = 3 A$ . A noter que pour le 2SK135, ce point se situe à 60 mA.

- Schéma de conception aussi linéaire que possible avant contre-réaction : différentiels et différentiel-cascade sont préférables.

- Contre-réaction sans réinjection de continu.

- Composants actifs à faible distorsion thermique : tubes, 2SK30AGR, etc.

- Fonctionnement des FET à leur point d'indifférence thermique.

- Fonctionnement des composants de puissance à puissance constante, ces des Nemesis et des montages cascade type Héphaïstos.

- Câblage monobrin sans effet de peau.

- Pas d'éléments à effets de mémoire : condensateurs verre ou Téflon, isolation du câblage en Téflon.

- Stabilité inconditionnelle pour les alimentations (batteries, etc.).

- Pas de circulation de courant

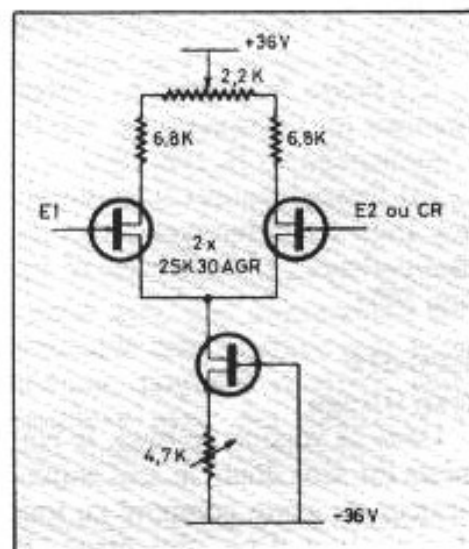


Fig. 18 : Nouvel étage d'entrée pour le 50 W+50 W Kanéda ainsi que l'amplificateur à symétrie totale : les 2SK30 travaillent à leur point d'indifférence thermique.

dans les masses et dans la référence 0 volt, masses en étoile réunies à la masse d'entrée en un seul point.



vables tels que les 2SK 298 ou 2SK 299 (Hitachi également) n'aient pu faire l'objet d'essais pour ce montage. Récemment, un courrier nous a appris qu'un amateur aurait réussi à mettre la main sur ces transistors et aurait obtenu des résultats surprenants. Rappelons qu'à l'époque les séries FET japonaises se limitaient à 400 références environ contre près de 3 000 aujourd'hui. En se basant sur la même topologie de circuit, nous avons appris qu'un autre amateur aurait fait cette fois l'usage d'un transistor IGBT (bipolaire à base isolée) de très forte puissance, conçu pour des alimentations stabilisées de forte puissance et aurait obtenu quelque 50 watts avec un seul transistor de puissance. Nous apprenons d'autre part que Denon vient de lancer au Japon l'amplificateur POA-S1, de puissance 250 watts. C'est le premier du genre faisant usage d'une paire de transistors MOS-FET spéciaux de type UHC à très fort courant (pointes de 240 ampères possibles) ce qui permet de réduire l'étage de puissance à une seule paire de transistors. Comme on le voit, on n'arrête pas le progrès. Bravo M. Johannet !

#### **Patrick Vercher**

Nous avons pu comparer l'amplificateur Némésis mis au point par M. Johannet avec un amplificateur monotriode 300 B, une autre unité à tubes à push pull EL 34 et enfin un montage à transistors MOSFET de forte puissance 250 W. Comparaison fructueuse où le Némésis est sorti vainqueur sur de nombreux plans et en particulier sur celui de la

capacité dynamique aussi bien sur les petits signaux que sur les hypercrêtes qui passent sans impression de saturation intolérable, mais avec un écrêtage qui arrive en douceur à la manière d'une électronique à tubes. Il se dégage aussi une grande rapidité sur les attaques, primordiale dans le bon maintien du rythme avec cette notion de fluidité dans la liaison entre les notes ce qui facilite grandement le suivi mélodique. Même sur les passages complexes faisant intervenir un grand nombre d'interprètes jouant sur une large palette de timbres le Némésis conserve son pouvoir d'analyse avec beaucoup de délicatesse et de finesse en reculant les frontières de certaines formes de distorsion d'intermodulation préjudiciable à la clarté du message délivré. Le Némésis dans le grave "tape fort" avec un impact physique et des différences très marquées dans la hauteur de notes en dessous de 200 Hz. Cette netteté du grave profite également au bas-médium qui se trouve dégagé d'une sorte d'opacité que l'on trouve sur de nombreux amplis à transistors dans la zone 150 à 1 kHz. Par cette limpidité du bas-médium on ressent beaucoup mieux la notion d'espace du lieu de l'enregistrement avec des rapports bien respectés entre les sons directs et ceux réfléchis. Autre qualité fondamentale de ce montage : l'absence de variation dans la structure des timbres quand on pousse le volume sonore. On obtient ainsi une cohérence de l'équilibre tonal et de la capacité dynamique en fonction du volume so-

nore global contrairement à d'autres montages à transistors qui ont la fâcheuse tendance à étirer l'ensemble de la transcription vers le haut-médium aigu tout en déstabilisant l'image stéréophonique par une sorte d'éclatement des sources ponctuelles. Le Némésis est aussi un exemple de stabilité de fonctionnement même sur la charge relativement complexe de notre système à haut rendement qui implique dans le grave par la puissance gigantesque du circuit magnétique du boomer, une force contre-électromotrice non négligeable qui retourne vers l'ampli avec toutes les réactions que cela laisse sous-entendre. Or, ainsi que nous l'avons indiqué plus haut cet ampli tient les déplacements de la vaste surface de membrane et contrôle parfaitement l'accélération et l'arrêt comme peu d'autres amplis à transistors savent le faire, procurant une puissance acoustique instantanée absolument sans rapport avec la puissance réelle mesurée du Némésis compensé. Le travail de fond de M. Johannet est remarquable, il ne s'agit pas que de simples vues de l'esprit d'électroniciens voulant aller plus loin, dans la réalisation d'un schéma d'amplification, mais de la concrétisation d'idées intéressantes qui ont un rapport direct avec la qualité musicale d'écoute. Nous avons pris un immense plaisir à écouter ce montage hyper-dynamique, de grande fluidité avec une transparence remarquable dans le grave et le bas-médium, pouvant rivaliser sans complexe avec des montages à tubes simples ou sophistiqués.

**Page non  
disponible**

## UN PROCESSEUR PAS COMME LES AUTRES LE BBE 1002

Jacky Mas

**S**

*Si la qualité de reproduction musicale a fait un bond relativement prodigieux en une dizaine d'années, la plupart des mélomanes et plus généralement des audiophiles n'a cessé la quête du Graal afin de gagner en réalisme sonore lors de l'écoute domestique. Le but est encore et toujours de se rapprocher des sensations ressenties au concert. Tous les éléments de la chaîne Haute-Fidélité ont fait l'objet de soins attentifs y compris bien entendu la connectique et les liaisons. Malgré tous ces efforts, et le coût qui s'y attache, l'écart entre le "live" et la reproduction demeurait difficile à combler. Pourtant, en ajoutant à une chaîne, même haut de gamme, un petit processeur économique et méconnu, un nouveau pas décisif a pu être franchi...*

### Introduction

La vague du numérique submerge progressivement l'ensemble de l'audiovisuel, à tel point que l'informatique moderne intègre des potentialités de traitement et de stockage des sons, voire des images avec les nouveaux CD Video, constituant ainsi des mini-règles accessibles à un nombre de plus en plus important d'utilisateurs pour un prix relativement modique. Ce nouvel axe de l'informatique a fait son apparition avec les premiers ordinateurs intégrant des DSP comme le NeXT de Steve Jobs et plus récemment les Macintosh Centris 660 AV et Quadra 840 AV. Malgré cette marée numérique, bien des innovations et des progrès

purement analogiques contribuent aujourd'hui encore à améliorer considérablement le plaisir de la reproduction musicale domestique. Le grand débat des câbles, initié il y a maintenant près d'une quinzaine d'années, reste toujours d'actualité comme le montrent les différents articles qui ont pu être publiés dans les tout derniers numéros de *L'Audiophile*. Si la plupart des DSP actuels sont purement numériques, il en existe au moins un qui soit analogique. Lancé il y a plusieurs années sur le marché américain, il n'a guère eu d'audience en Europe. Cet appareil met en œuvre certains concepts qui ont présidé au développement des câbles et qui, pour un prix très

inférieur à la plupart des connexions existantes, qu'elles soient françaises ou étrangères, conduit à une amélioration subjective considérable du son quelle que soit la source utilisée. Cette petite merveille est le BBE 1002 de *BBE Sound Inc.*, petite société installée à Huntington Beach en Californie.

### L'idée générale

Il existe, comme vous le savez, de nombreuses causes de détérioration du signal dans une chaîne de reproduction musicale. Si l'on exclut les limitations intrinsèques de la source elle-même et celle du local d'écoute, les problèmes naissent lors de la lecture du signal enregis-

tré (quel que soit le support). Ces altérations s'aggravent au cours de la préamplification et de l'amplification, et le signal finit son périple au sein d'un transducteur électrodynamique ou électrostatique, après un parcours plus ou moins heureux le long des connexions inter-électroniques et électroacoustiques. Au risque d'enfoncer une porte ouverte, nous rappellerons que tous ces avatars subis par les sons se concrétisent par des distorsions de phase et d'amplitude, et leur reproduction est parfois très loin de ce qu'étaient les signaux à l'origine. Faute de pouvoir identifier, et *a fortiori* résoudre, ces différents problèmes, ces derniers ont plus ou moins été relégués au second plan pendant longtemps.

Il a été démontré que les caractéristiques d'un son dépendent de relations complexes entre l'amplitude du fondamental et des harmoniques qui le constituent. Sans revenir sur des notions parfois un peu compliquées de vitesse de groupe ou de phase exposées par de nombreux auteurs dans des ouvrages spécialisés, nous dirons que lors du transit des sons dans la chaîne de reproduction, il se produit une perte de cohérence du message sonore, c'est-à-dire que l'ordre fréquentiel éventuellement et les décalages temporo-fréquentiels ne sont plus respectés. Ainsi, des hautes fréquences peuvent être retardées, et des basses fréquences peuvent atteindre l'auditeur en même temps que certaines hautes fréquences. Ces phénomènes sont introduits à la fois par l'électronique d'amplification, la connectique et les liaisons et peuvent être aggravés par les temps de montée et de descente inadéquats de l'ensemble électroacoustique.

Schématiquement, le fondamental, décalé temporellement, peut être perçu après certains harmoniques. Ces modifications des relations de phase et d'amplitude entre les harmoniques et le fondamental porte le nom de "distorsion d'enve-

loppe". De telles altérations ont pour conséquence majeures un son opaque, terne et mal défini. Au surplus, la confusion peut parfois être telle qu'il est difficile de distinguer le son d'un hautbois de celui d'une clarinette par exemple.

BBE Sound Inc. a mené une étude durant environ une décennie sur plusieurs systèmes de reproduction électroacoustique, afin de dégager les caractéristiques de ce que devrait être un reproducteur idéal, donc celui qui n'altère pas la structure fréquentielle des signaux. Muni de ces caractéristiques, les promoteurs du système ont mis au point l'ensemble de corrections nécessaires pour que la transmission des harmoniques et du fondamental se fasse de manière optimale. L'extrême diversité des enceintes du marché actuel laisserait à penser que le nombre des corrections à mettre en œuvre soit hors de portée d'un système électronique aussi complexe soit-il. L'une des grandes découvertes qu'ont faite les chercheurs de cette petite société est que, contrairement à toute attente, la forme générale de la correction qu'il est nécessaire de mettre en œuvre est remarquablement comparable d'un système à l'autre. Le procédé retenu a fait l'objet de 42 brevets aux Etats-Unis.

## Le principe

Compte tenu de la correction de phase prédéterminée en haute fréquence d'après les études menées par les ingénieurs de BBE Sound Inc., le signal est découpé en trois sous-bandes ou groupes. Les basses fréquences sont coupées à 150 Hz, le groupe des moyennes fréquences va jusqu'à 1 200 Hz et le troisième groupe intègre l'ensemble des fréquences jusqu'à 20 kHz.

Le premier groupe (basses fréquences) est retardé via un passe-bas passif d'environ 2,5 ms. L'appareil transmet linéairement le signal, mais il est prévu sur le panneau de contrôle avant un boost des basses fréquences autour de 50 Hz.

Le second groupe des fréquences moyennes n'est retardé que d'environ 0,5 ms et les fréquences sont traitées par un passe-bande actif. C'est ce groupe qui est utilisé comme référence pour les corrections dynamiques d'amplitude en "positif" ou en "négatif" sur le groupe haute-fréquence. Ce dernier est traité par un amplificateur contrôlé en tension (VCA) de très haute qualité.

Les groupes des moyennes et des hautes fréquences sont sous contrôle permanent afin de comparer les niveaux des contenus harmoniques relatifs des deux sous-bandes. Les détecteurs provoquent la correction adaptée du VCA, déterminant ainsi l'amplitude des harmoniques haute fréquence présentes en sortie de processeur.

## Description du BBE

Il existe trois types de BBE : le modèle que l'on pourrait qualifier d'appareil de "salon", stéréophonique dont la référence est 1002 et dont nous verrons les caractéristiques techniques plus loin, un second modèle monophonique, le 422, utilisé en particulier par les "restaurateurs" de très anciens enregistrements (sur cylindres, disques, etc.) et un produit "portable" plus particulièrement destiné aux installations de voiture en complément des amplificateurs d'autoradio. Quel que soit le modèle, le traitement appliqué est le même et les possibilités de réglage plus ou moins comparables. A côté des modèles commercialisés par la société BBE Sound Inc., un grand constructeur nippon, Aiwa, a acheté la licence pour en faire bénéficier certains de ses appareils des gammes midi et mini. Dans ce dernier cas, le processeur BBE accessible à l'auditeur est pré-réglé définitivement lors de la construction et le système est mis en ou hors service à l'aide d'un simple commutateur.

Le BBE 1002 est un appareil stéréophonique, très compact

(2,5 kg), adoptant un profil "slim line". Il traite des signaux transitant sur des lignes asymétriques dont le niveau est à -10 dBu, comme cela est le cas sur la plupart des systèmes stéréophonique (encore que certains produits haut de gamme présentent de plus en plus d'entrées-sorties de type symétrique).

La face avant présente un interrupteur marche-arrêt (pas de position stand-by), à côté d'une LED témoin de la mise sous tension. La protection est assurée par un fusible. Un potentiomètre contrôle le boost basse-fréquence qu'il est souhaitable d'utiliser en fonction de la correction que l'on aura appliquée sur les moyennes et les hautes fréquences, la gamme d'amplitude de cette correction étant de  $\pm 10$  dBu à 50 Hz. La position intermédiaire du potentiomètre définit un gain unitaire. Cette correction peut présenter davantage d'intérêt sur les enceintes de petit volume.

Le traitement des deux autres bandes s'effectue lui aussi à l'aide d'un second potentiomètre multi-positions, qui contrôle le niveau de compensation. Le degré de correction d'amplitude des sous-bandes moyenne et haute est matérialisé par deux LED de couleur rouge qui passent au vert lorsque le traitement est effectif. Quand ce potentiomètre est tourné complètement vers la gauche (sens anti-horaire), la réponse en fréquence est linéaire et seule la phase est compensée. En tournant le potentiomètre de traitement vers la droite (sens horaire), l'amplitude des niveaux haute fréquence est également accrue par rapport aux niveaux des fréquences moyennes augmentant d'autant la balance spectrale entre les deux groupes de fréquences. Bien entendu, tous les réglages sont à réaliser "à l'oreille", les deux LED de contrôle ne sont là que pour donner une indication du niveau de compensation mis en jeu. Un interrupteur permet d'annuler ou de rétablir le traitement, ce qui permet de

comparer le signal sans puis avec le processeur.

L'appareil traite les fréquences depuis le continu jusqu'à 20 kHz. Il n'y a donc aucune capacité en entrée et il faut faire preuve d'une certaine prudence lors de la mise en place des liaisons sous peine d'endommager certains transistors de l'étage d'entrée. Le niveau de bruit est de -85 dBu en mode traitement. La distorsion harmonique totale est inférieure à 0,1% à 1 kHz et pour un niveau de -10 dBu. L'impédance d'entrée est de 10 k $\Omega$  avec un niveau d'entrée nominal de -10 dBu et maximal de +14 dBu. La sensibilité est de -20 dBu. L'impédance de sortie est de 1 k $\Omega$  avec un niveau de sortie nominal de -10 dBu et maximal de +14 dBu. L'ensemble de la connectique se fait par prises RCA, toutes directement soudées à la carte mère, ce qui impose là encore quelques précautions lors des branchements.

Deux sources distinctes peuvent être simultanément connectées au BBE 1002, dont une bande avec un circuit de monitoring. De multiples combinaisons de branchements sont prévues selon que l'on utilise le processeur seul, ou qu'il soit complété par d'autres processeurs ou enfin que l'on branche ou non un magnétophone. Lorsque le système d'amplification est séparé de la préamplification, il est souhaitable d'intercaler le BBE 1002 entre les deux unités. Dans le cas contraire, il est nécessaire de connecter le processeur sur la boucle de monitoring du préamplificateur.

Les figures 1 et 2 représentent la voie gauche, les commutateurs et les entrées-sorties d'une part et la voie droite ainsi que l'alimentation d'autre part. On remarquera sur la figure 1 le circuit intégré à 12 broches où est confinée "l'intelligence" du processeur. Jointe à la documentation, est fournie une procédure complète de test de l'appareil, relativement aisée à réaliser pour qui possède deux

voltmètres numériques et un générateur basse-fréquence. L'utilisation s'avère très simple, puisque les possibilités de commutation en face avant sont au nombre de trois. Reste que les liaisons directes sont toujours fragiles lorsqu'aucune protection n'est prévue, ce qui a coûté plusieurs centaines de francs à votre serviteur lors de certaines fausses manœuvres...

## Ecoute

L'un des intérêts de ce processeur est sa polyvalence. En effet, tout type de source peut bénéficier du traitement y compris, et cela pourra paraître surprenant à certains, les CD. L'impression d'ensemble dans tous les cas est une plus grande clarté du message sonore et... des silences ! Comme si un voile était tout à coup levé sur la scène sonore. Trois types de sources ont été utilisées pour ces tests : un magnétoscope Hi-Fi stéréo, un tuner haut de gamme est un laserdisc de dernière génération. Un convertisseur numérique-analogique et une amplification au-dessus de tout soupçon alimentaient des enceintes électrostatiques.

Sur des sonates de piano, les notes sont détachées les unes des autres, les attaques sont plus franches et les notes meurent avec une richesse harmonique retrouvée. La subtilité du jeu est révélée alors que sans le processeur, ces différents détails passent inaperçus : l'instrument apparaît plus terne, mat et l'interprétation est en retrait. Il ne faut pas abuser de la compensation apportée par le BBE 1002, sinon des sonorités métalliques se font jour, déstabilisant la crédibilité de l'image introduite par le traitement.

Un effet encore plus saisissant est obtenu sur les voix, en solo ou sur un chœur. Toutes les tessitures semblent tout à coup plus réalistes, le speaker de la station FM est présent dans la pièce avec une intelligibilité inégalée. Sur les masses vocales, chaque groupe se détache

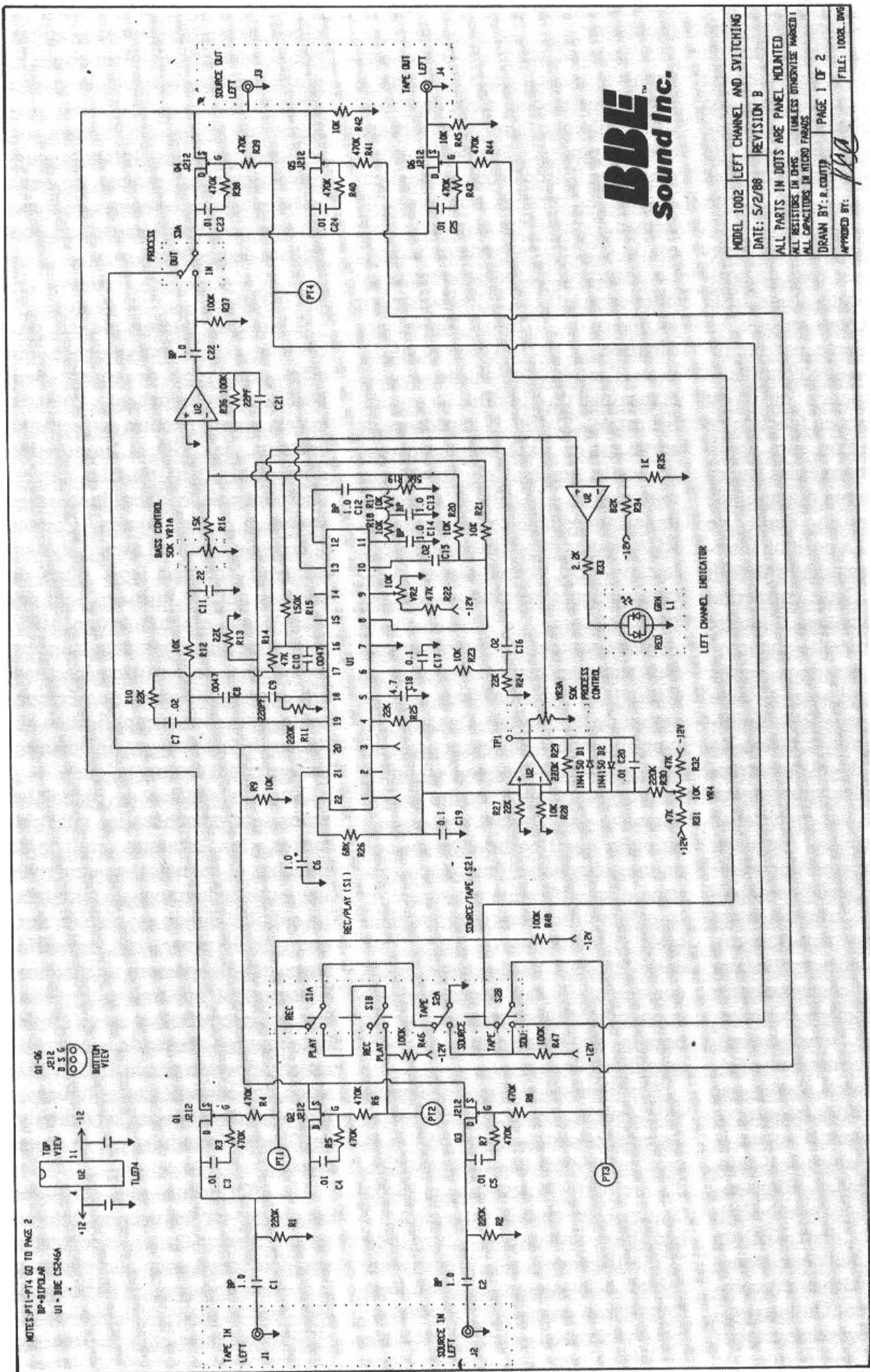
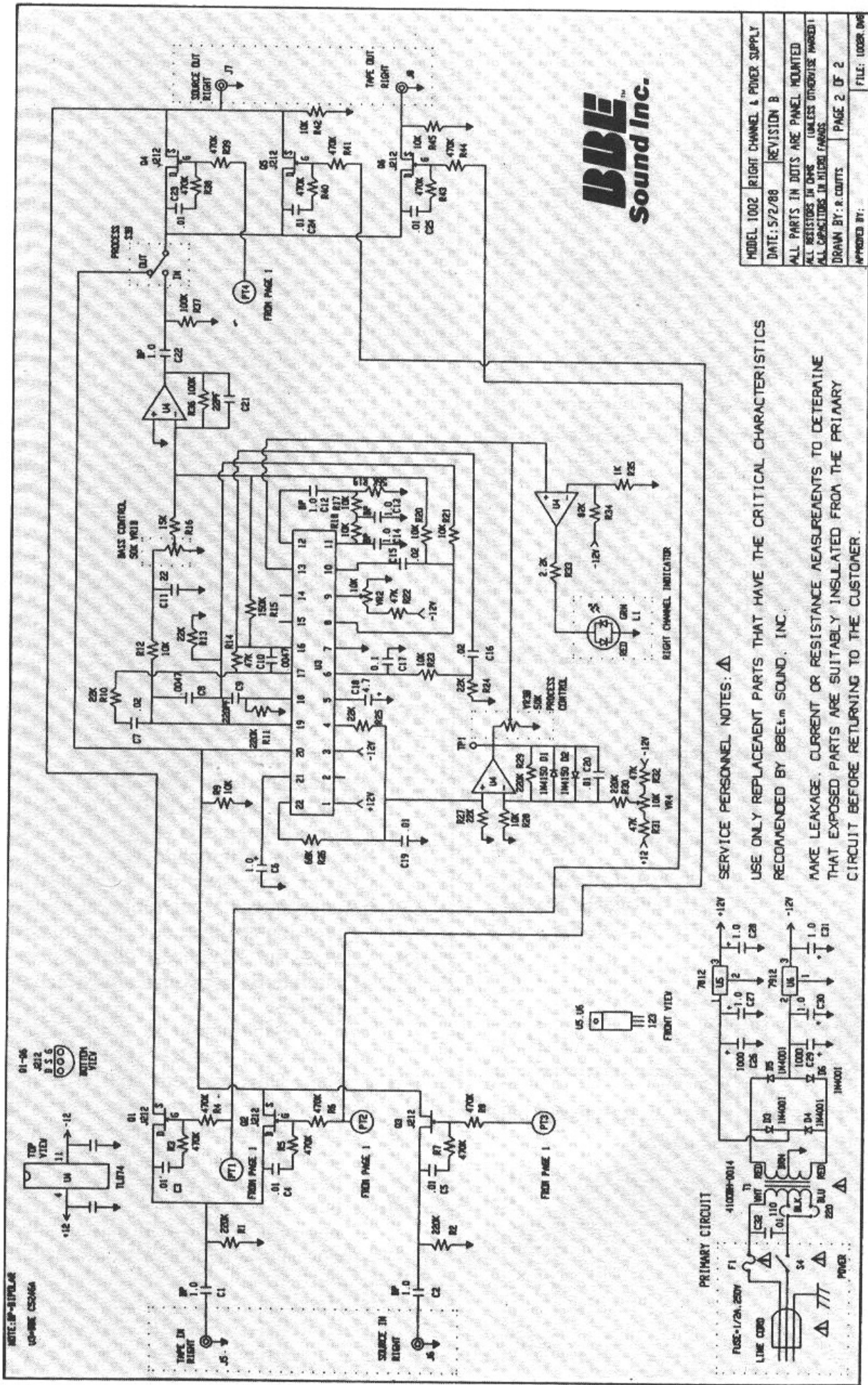


Fig. 1 : Voie gauche + commutation et entrées-sorties.





**BBE**  
Sound Inc.

MODEL 1002	RIGHT CHANNEL & POWER SUPPLY
DATE: 5/2/88	REVISION B
ALL PARTS IN DOTS ARE PANEL MOUNTED	
ALL RESISTORS IN OHMS (UNLESS OTHERWISE MARKED)	
ALL CAPACITORS IN MICRO FARADS	
DRAWN BY: R. COFFITS	PAGE 2 OF 2
APPROVED BY:	FILE: 1002R.DWG

**SERVICE PERSONNEL NOTES:** ⚠  
 USE ONLY REPLACEMENT PARTS THAT HAVE THE CRITICAL CHARACTERISTICS RECOMMENDED BY BBE<sub>SM</sub> SOUND, INC.  
 MAKE LEAKAGE, CURRENT OR RESISTANCE MEASUREMENTS TO DETERMINE THAT EXPOSED PARTS ARE SUITABLY INSULATED FROM THE PRIMARY CIRCUIT BEFORE RETURNING TO THE CUSTOMER.

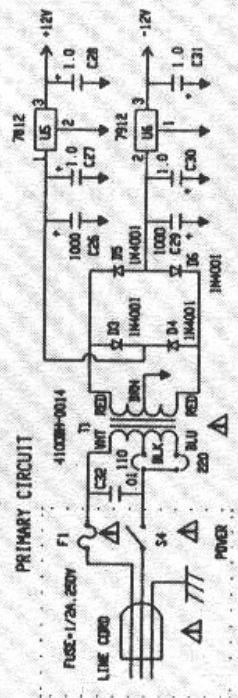


Fig. 2 : Voie droite et alimentation.

# TOULOUSE "ACCORD"

Depuis 1986

vous propose

Avec le concours d'AURA - AMC (tubes) -  
ACCUPHASE - BRUNO HENRY - CYRUS -  
DENON - ELIPSON - MUSICAL FIDELITY -  
CABASSE - P.E. LEON - TEAC -  
INFINTIY - TRIANGLE - ELIPSON -  
KLIPSCH - etc.

un choix Raison/Passion toujours judicieux  
nos suggestions d'octobre toujours modulables

Lecteur **PROTON AC 421**  
Ampli **PROTON AM 1**  
Enceintes **MISSION 760I** **4.980 F**

Lecteur **TEAC 4500** ou **PROTON AC423**  
Ampli **AURA VA 50** ou **MUSIC HALL**  
**FIDELITY TEMPEST**  
Enceintes **P.E.L. QUATTRO**  
ou **CABASSE**  
**BISQUINE**  
ou **KLIPSCH 2.2** **12.000 F**

Après le 15/10 (démonstration sur R.V.)  
Drive **TEAC P700** - performant et fiable  
Convertisseur à tubes **MUSICAL FIDELITY**  
"Tubalog"  
+ Préampli à tubes télécommandé **MUSICAL**  
**FIDELITY F 22**  
+ Ampli "hybride" **MUSICAL FIDELITY F 15**  
+ Enceintes **CABASSE "IROISE"** multidôme coaxial  
L'ensemble : **MOINS DE 75 000 F**

Les nouveautés **ACCUPHASE 207**  
**ELIPSON SERIE "EXCLUSIVE"**  
et toujours nos valeurs sûres...  
**AURA** : CD - tuner - ampli - **TEAC CD VDRS 10**  
Enceintes **TANNOY G.R.F.** l'impact physique de la  
musique  
**P.E. LEON TRILOGUE "S"** - **KLIPSCH** "la  
dynamite à prix canon"

"ACCORD" 4, rue Joutx Aigues TOULOUSE (31)  
100 m du Parking des Carmes  
METRO : ESQUIROL

Horaires semaine :  
10 h-12 h / 14 h-19 h  
sauf lundi : 14 h-19 h  
OU sur rendez-vous

Tel. : **62.26.45.92**



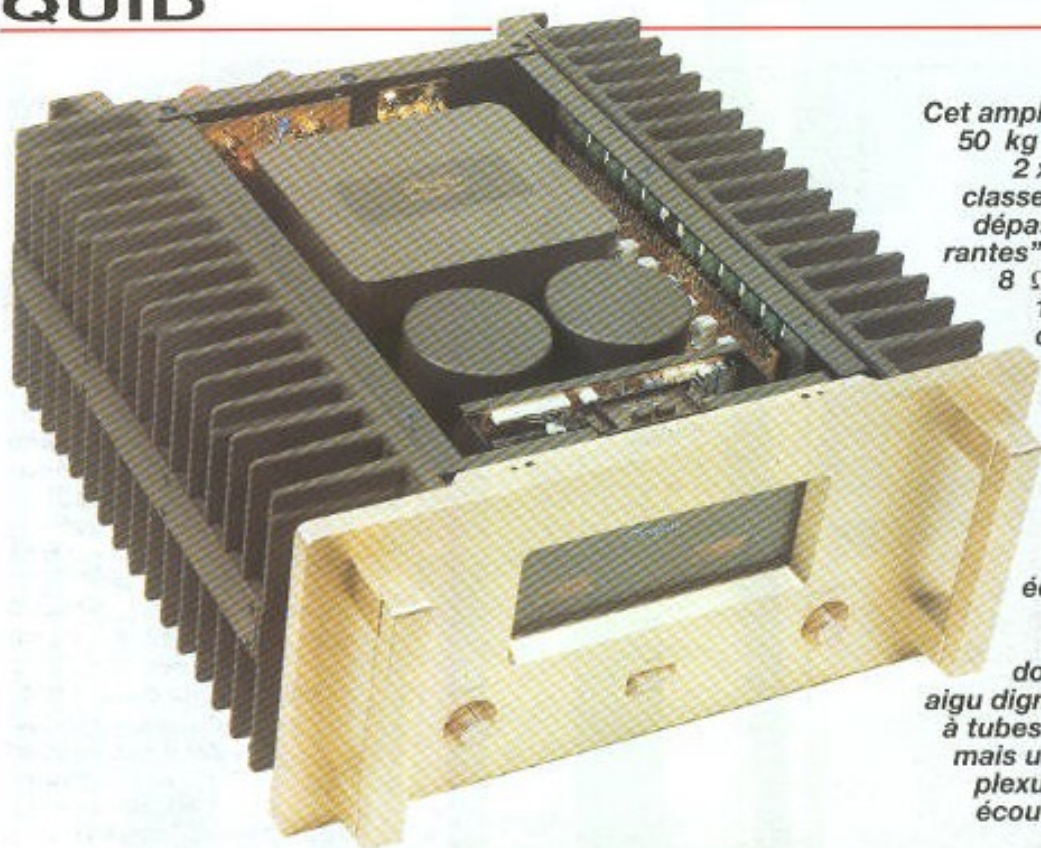
des autres et l'image de la scène gagne en profondeur et en présence. Sur certains disques compacts, il n'est pas rare d'entendre d'importantes distorsions traduisant une écrêtage probablement en relation avec une saturation de l'étage d'entrée du préampli. En intercalant le BBE 1002 entre le convertisseur et le préampli, le phénomène disparaît complètement, redonnant ainsi une dimension supplémentaire à l'interprétation, qui parvient alors à nous faire renouer avec le frisson du "live". De plus, l'auditeur inquiet ne craint plus pour le Mylar de ses chères cellules électrostatiques...

Tous les instruments soli gagnent en présence. Les chefs-d'œuvre de la musique mécanique (CD Pierre Verany) montrent le niveau de réalisme qu'il est possible d'atteindre sur de la reproduction musicale en CD, et ce malgré les imperfections du numérique actuel dont nous avons eu l'occasion de parler lors d'un récent article sur le HDCD.

Les concerts retransmis en FM sont également un très bon test pour apprécier l'apport du BBE 1002. L'atmosphère de la salle, les applaudissements et tous les bruits que les aficionados connaissent pour fréquenter de tels endroits, contribuent à accroître cette impression de direct ou de fenêtre ouverte sur le concert dont parlent nombre de constructeurs en haute fidélité.

Vendu moins de 200 dollars dans des grandes surfaces aux Etats-Unis, ce petit appareil sans prétention parvient à nous subjuguier depuis plusieurs années à plus d'un titre pour peu que l'on n'abuse pas du traitement du signal. Certains câbles, très chers, apportent une partie des améliorations que nous avons ressenties à l'écoute du BBE, mais cela n'étonnera personne que l'on soit aujourd'hui capable de réaliser électroniquement ce que peuvent faire certains composants passifs...

**Page non  
disponible**



## ◀ ACCUPHASE A-50

Cet amplificateur stéréophonique de 50 kg (!) est censé ne délivrer que 2 x 50 W... mais en pure vraie classe A ! Sa capacité en courant dépasse toutes les normes "courantes" ! D'après nos mesures, sur 8  $\Omega$ , il dépasse allègrement les 110 W par canal toujours en classe A grâce à son montage de 10 paires de transistors MOSFET montés en parallèle. L'alimentation est gigantesque à partir d'un transformateur de 1000 VA et des capacités de filtrage de 56 000  $\mu\text{F}$  chacune. Le résultat : une écoute somptueuse avec une capacité dynamique à vous clouer au sol et surtout une douceur dans le haut-médium aigu digne des plus beaux montages à tubes. De la soie pour les oreilles, mais un véritable coup de point au plexus en capacité dynamique. A écouter pour ne pas mourir idiot.

## MISSION CYRUS 753 ▶

Ce système sous la forme d'une colonne de 87,5 cm de hauteur pour une base de 20,8 x 31,5 cm se caractérise par l'utilisation de 4 haut-parleurs grave-médium de 13 cm à cône papier plastifié et un tweeter à dôme hémisphérique de 25 mm de structure composite, dans une configuration 2 voies avec un alignement dans le grave. La directivité est parfaitement contrôlée, à l'écoute cela se traduit par une grande impression de profondeur des plans sonores liée à une stabilité parfaite des sources fictives. Le niveau maximal peut être impressionnant (111 dB !).



## JBL LA SÉRIE TI ▶

La prestigieuse gamme JBL TI se caractérise par des coffrets (en forme de demi-pyramide tronquée) réalisés à partir de parois à structure sandwich comprenant une plaque de bitume prise entre deux panneaux agglomérés moyenne densité. Les haut-parleurs sont dignes de la série professionnelle avec des circuits magnétiques dont le profil des pièces polaires de type symétrique concentre l'énergie tout autour de la bobine mobile bobinée sur chant comme il se doit. Le tweeter à dôme titane est une merveille de précision d'analyse. L'écoute se caractérise par une très belle profondeur des plans, une extrême netteté du grave et un pouvoir d'analyse à fort niveau absolument incomparable.





#### ◀ **TANNOY D700**

La série D se distingue par l'utilisation du principe de haut-parleur coaxial dont Tannoy fut le promoteur voici plus de 40 ans. La D700, colonne de 1,17 m de hauteur pour une base trapézoïdale de 46 x 43 cm, renferme deux haut-parleurs de 27 cm, (celui supérieur étant de type coaxial avec chambre de compression médium-aigu placée en retrait du cône de grave faisant office aussi de pavillon). Cet ensemble couvre une très large gamme de fréquences avec une linéarité exceptionnelle ainsi qu'une tenue en niveau que l'on ne rencontre pas dans cette taille d'enceinte. Ce système est aussi analytique et précis sur de la musique classique que sur du rock où son punch vous fera passer des frissons.



#### ▲ **MUSIC-HALL**

M. Nicolas Moissonnier anime avec un grand dynamisme l'auditorium Music-Hall au 67 bis, rue de Rome à Paris dans le 8ème. Il n'est pas avare en conseils sur les matériels qu'il présente (entre autres Tannoy, Accuphase, Marantz, Rotel, Amadeus, Yamaha, Aura, Dynaco, Nad, Conrad Johnson, etc.) mais surtout connaît toutes les astuces pour en tirer le meilleur parti et optimiser un système, pour la plus grande satisfaction musicale.



## ◀ **Mc INTOSH MC 7300**

Cet amplificateur de puissance stéréophonique est capable de fournir 2 x 325 W les deux canaux en service sur les charges de 2/4/8 Ω (grâce à ses transformateurs adaptateurs d'impédance en sortie) ou plus de 600 W en mono sur 4/8/16 Ω. Cette très grande réserve de puissance se conjugue avec des possibilités en courant de plus de 85 A en pointes pouvant faire face sans variation d'intensité

sonore à des écarts importants du module d'impédance d'enceintes à bas rendement. L'alimentation gigantesque fait appel à un transformateur en C avec des capacités pouvant stocker une énergie allant jusqu'à 227 joules ! Les grands indicateurs de niveau fournissent une indication très précise sur la puissance délivrée. La

musicalité est à la hauteur de la technologie développée avec une sécurité de fonctionnement hors pair, superbe à tout point de vue.

## **BW HOME CINÉMA ▶**

BW vient de développer toute une série d'enceintes spécifiques pour les installations Home Theater capables de répondre parfaitement à la demande de qualité des pistes sonores films avec de plus l'agrément THX. Le système est composé d'enceintes frontales FCM8 de haute intelligibilité à faible coloration, isolement magnétique maximal avec système de haut-parleurs à 2 graves-médiums à cône Kevlar et 3 tweeters à dôme hémisphérique de 26 mm, un subwoofer PCS8 muni d'un 30 cm (avec bobine de 5 cm) logé dans un coffret de forme pyramidale et d'enceintes arrière SCM8 à double rayonnement avec sur chacune des faces inclinées un système 2 voies à partir d'un 16 cm grave-médium et d'un tweeter de 2,5 cm. Vous pouvez constater sur la photo ci-contre la possibilité d'agencement avec une voie centrale de dialogue en dessous du téléviseur et les voies latérales très importantes dans la perception des effets sonores de cinéma.





#### ◀ **PROAC RESPONSE THREE**

Cette enceinte sous forme de colonne élancée de 1,20 m de hauteur pour une base de 28 x 30,5 cm est capable de traduire avec naturel et sans coloration toute l'intensité émotionnelle d'une interprétation. Elle restitue avec facilité les caractéristiques du lieu d'enregistrement et avec beaucoup de vérité la structure harmonique complexe des timbres qui peut varier dans de grandes proportions. Avec son système à 2 voies (2 graves - médiums de 17 cm à cône polypropylène encadrant un tweeter à dôme hémisphérique capable d'une forte énergie) elle est capable d'un pouvoir d'analyse étonnant.



#### ▲ **COUNTERPOINT**

Les systèmes de cinéma chez soi nécessitent des électroniques spécialisées afin de répondre aux normes de qualité nécessaires à la perception d'effets sonores parfois ultra-violents. La société américaine Counterpoint propose toute une série de modules électroniques qui répondent à cette attente avec un décodeur Dolby Pro Logic Surround HC-808, un préamplificateur audio HC-818 capable de traiter 7 sources tout en disposant d'une télécommande, d'un commutateur vidéo HC-828 qui offre 5 entrées vidéo, 3 sorties moniteurs et 1 VCR tout en offrant une sélection indépendante pour chaque moniteur, une unité de puissance Solid 1 de 100 W par canal avec de grandes possibilités en courant. Plusieurs enceintes acoustiques spécifiques de dialogue, canal central, à rayonnement en dipôle et subwoofer complètent cette gamme.





# LES MUSES D'OR



## A l'ensemble Denon DA-S1 et DP-S1



Jean Hiraga

*I*n'existe, parmi les nombreux maillons haute fidélité qui naissent chaque mois un peu partout dans le monde, qu'un nombre très limité de produits qui réunissent assez d'innovations technologiques et de qualités sonores pour mériter l'attribution de nos Muses d'Or. Les deux dernières avaient été attribuées à l'ensemble FM Acoustics FM811/FM266 ainsi qu'au lecteur CD Wadia 6. Nous attribuons cette fois nos Muses d'Or à l'ensemble lecteur CD/convertisseur Denon DP-S1/DA-S1. Sa mécanique de transport ultra-sophistiquée se complète d'un procédé de conversion numérique/analogique entièrement nouveau aux performances spectaculaires.

Les activités du grand groupe japonais Denon Nippon Columbia couvrent la quasi-totalité du 20ème siècle. Dès 1910, Denon s'est consacré essentiellement à l'enregistrement sonore, au disque, à l'électroacoustique des domaines professionnels et grand public. Plusieurs fois de suite, Denon a ponctué l'histoire de la haute-fidélité d'événements technologiques importants. Rappelons que Denon fut le premier à commercialiser en 1973 des disques "PCM" enregistrés à partir d'un procédé entièrement nouveau, le MIC, modulation par impulsions codées, autrement dit l'audio numérique, soit pratiquement dix avant l'avènement du compact-disc. Denon fait aussi partie des pionniers qui ont vulgarisé, comme Ortofon, le phonolecteur stéréophonique à bobines mobiles (la célèbre DL 103, lancée en 1966 en collaboration avec les laboratoires de la N.H.K.) ou d'autres perfection-

nements comme la gravure directe dès 1973. L'ensemble Denon DP-S1/DA-S1 marque en plus le 20ème anniversaire de cette firme pour ce qui concerne les différents produits de technologie audio-numérique. Au moment de la mise sous presse de ce numéro, nous apprenons que Denon pense commercialiser sous peu le POA-S1, un amplificateur de puissance en bloc mono de 250 watts, le premier du genre qui réussit à obtenir cette puissance à partir d'un montage push-pull simple équipé de deux transistors MOSFET de sortie de type UHC-MOSFET.

Il ne semble pas utile de répéter que Denon s'est intéressé très tôt à l'audio numérique sans renier pour autant les qualités uniques de l'analogique. Denon fabrique toujours sa fameuse cellule DL-103, l'accompagne au Japon de la table de lecture DP-39L et a lancé récemment le haut de gamme cellule MC-transformateur adaptateur DL-S1/AU-

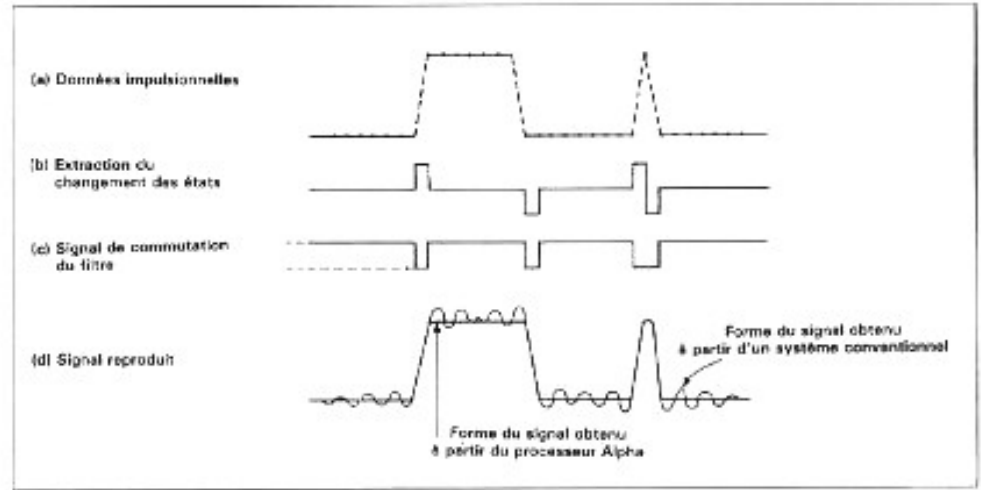
S1, qui compose le très haut de gamme "S" (Sensitive) de Denon, incluant les maillons décrits ici.

On peut même dire que c'est en reconnaissant ouvertement la nette supériorité du disque noir par rapport au disque CD sur plusieurs critères de qualité subjective que Denon a compris que de gros progrès étaient indispensables en audio, mais que les normes actuelles lançaient à ce constructeur un véritable défi, celui de dépasser les limites permises par le célèbre théorème de Shannon. Rappelons que les laboratoires de recherche Bell Labs, Western Electric et plus particulièrement Harry Niquist sont à l'origine de ce théorème établi en 1928. Deux autres mathématiciens, le russe Kotelnikov et l'américain Claude Elwood Shannon sont à l'origine du théorème de l'échantillonnage. Il démontre qu'à partir d'un son échantillonné, la limite supérieure de la fréquence qu'il est possible de transmettre est égale à la moitié de celle qui sert à

l'échantillonnage. En pratique, l'utilisation du filtre passe-bas (en parlant des convertisseurs qui n'utilisent pas le principe du filtrage numérique et du suréchantillonnage) est impérative. Bien que l'on fasse habituellement usage de filtres à pente ultra-raide, on est encore loin de la condition idéale qui supprimerait totalement tout signal situé au-delà de la limite supérieure. De ce fait, on a établi pour le disque CD une fréquence d'échantillonnage égale à 2,205 fois celle de la limite supérieure transmissible soit 44,1 kHz pour 20 kHz. Comme on le sait les procédés de conversion N/A ont beaucoup évolué en l'espace d'une dizaine d'années et les tentatives pour contourner différents défauts et limitations inhérents liés au format CD sont nombreuses. Cependant, exception faite de quelques rares circuits sortant vraiment de l'ordinaire, les derniers progrès en terme d'amélioration sensible, vraiment audible, de la qualité sonore semblent minimes, en particulier pour ce qui concerne la définition, le pouvoir d'analyse sur les signaux faibles. En proposant son DA-S1 équipé du procédé Alpha, Denon démontre qu'à partir du même standard il est possible d'atteindre des performances nettement supérieures à tout ce que l'on a proposé jusqu'à présent.

## Le processeur Denon Alpha

Le processeur Denon Alpha (Adaptive Line Pattern Harmonized Algorithm) est une sorte de véritable défi lancé aux procédés de conversion N/A, au théorème de Shannon. Il s'attaque en effet au problème de la reproduction des signaux situés en-deçà du LSB, bit de poids faible qui définit le plus petit incrément de résolution. A propos de l'usage de l'échantillonnage de fréquence 44,1 kHz et si l'on échantillonne par exemple un signal de 40 kHz à partir de cette dernière, on obtient un signal de "repli" correspondant à la différence entre les deux fréquences, soit un signal de 4,1 kHz sans rapport avec celui que l'on souhaiterait reproduire. Par la suite, ce signal parasite sera impossible à supprimer. Le filtre passe-bas



Principe du système d'asservissement des caractéristiques du filtre passe-bas en fonction de la forme du signal.

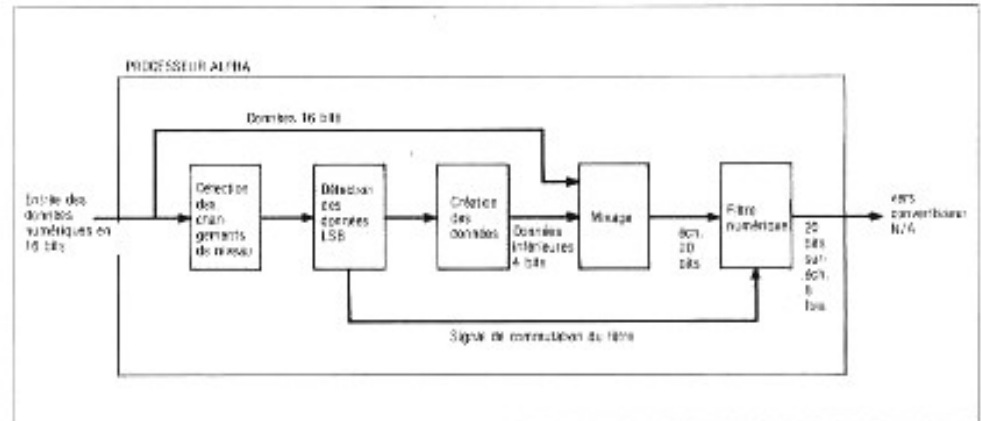
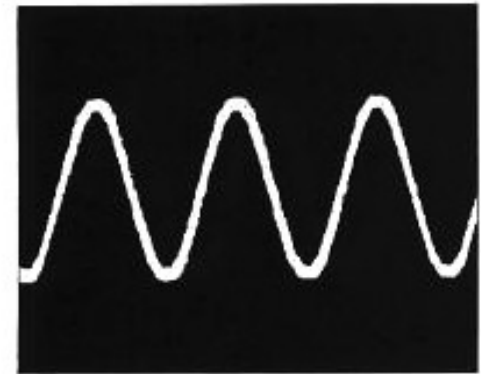
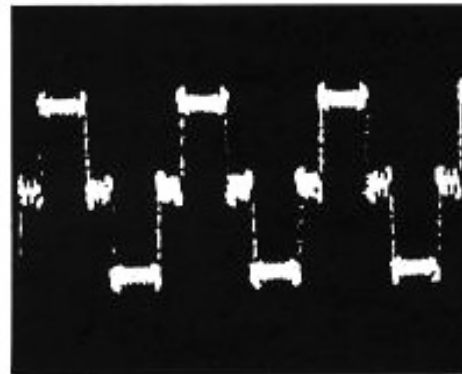


Schéma synoptique du processeur Denon Alpha (Adaptive Line Pattern Harmonized Algorithm).



Mise en évidence de la suppression de la distorsion à très bas niveau (1 kHz, -90 dB). A gauche, forme du signal avec déformation en "marches d'escalier". A droite, même signal, même niveau, mais après traitement par le circuit Alpha. L'amélioration est spectaculaire.

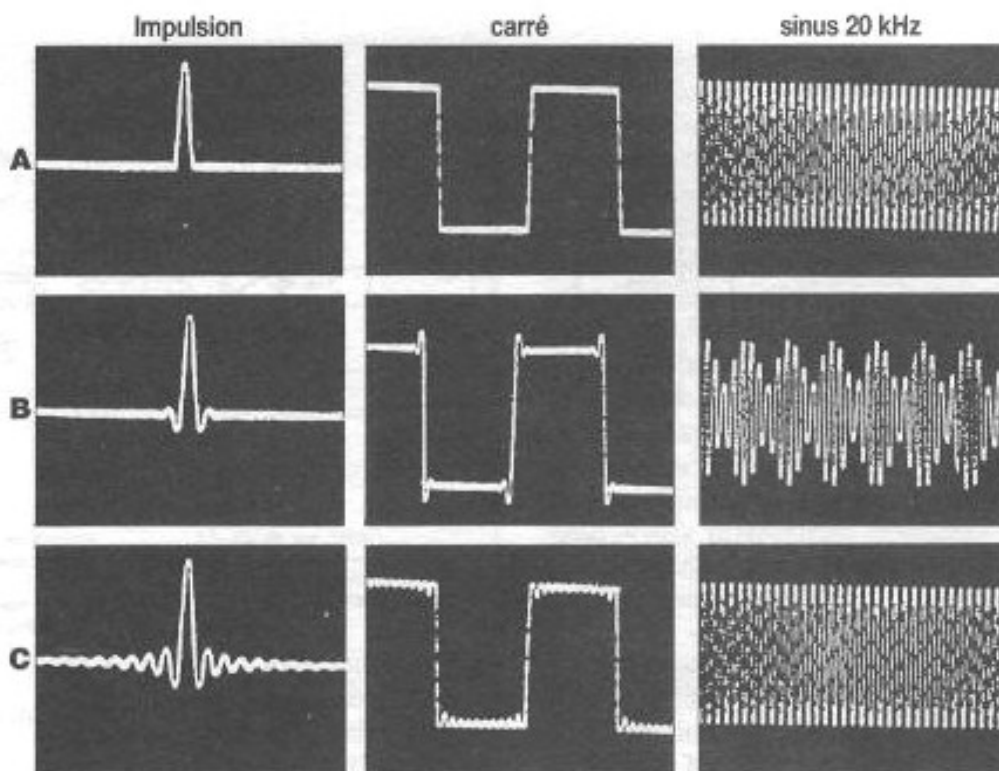
à front raide dit "anti-repli" s'avère donc indispensable au bon fonctionnement d'un convertisseur analogique/numérique. Précisons à ce sujet qu'un filtre passe-bas idéal devrait supprimer totalement toutes fréquences supérieures à la moitié de celle d'échantillonnage tout en laissant la transmission en fréquence parfaitement linéaire jusqu'à la coupure haute. En pratique, il est impos-

sible d'atteindre cet idéal, d'où altération de la forme du signal avec augmentation sensible du taux de distorsion.

Les barrières qui semblaient impossibles à franchir car dépendantes du standard, parviennent à l'être grâce à un traitement du signal en deux étapes. La première concerne les signaux à faible taux de "slew

rate". Pour ces derniers, les données inférieures au LSB doivent être régénérées de façon à faire disparaître l'échantillonnage en forme de "marche d'escalier". On se rapproche ainsi du signal d'origine. La seconde étape consiste à détecter dans le message s'il s'agit de signaux sinusoïdaux ou de nature impulsionnelle. L'opération complémentaire consiste ensuite à synchroniser les caractéristiques du filtre passe-bas en fonction de la nature du signal reçu à l'entrée. Seule cette combinaison d'opérations permet de transcrire l'intégralité de la bande audio. On obtient une linéarité parfaite tout en assurant la transmission des signaux transitoires et impulsionnels sans les habituels défauts de pré et postoscillations responsables de divers défauts subjectifs (perte de détails, de richesse harmonique dans l'aigu). Toutes ces fonctions sont regroupées sur un seul circuit LSI à forte intégration, le F257001PH.

On s'aperçoit que les données échantillonnées à 44,1 kHz sous la forme de mots de 16 bits ne changent pas d'un échantillon à l'autre mais changent seulement à chaque point où prennent place les paliers de 1 LSB. Avec le processeur Alpha, les différences qui apparaissent d'un échantillon à l'autre sont extraites sous forme d'impulsions qui servent à gérer la durée des périodes entre les changements d'état. On génère ainsi, en conjonction avec tout changement de valeur 1 LSB, des données de plus faible valeur, comprises entre 17 et 20 bits. Ces données nouvelles de plus faible poids sont intégrées dans chaque palier de la donnée d'origine, ce qui forme un signal équivalent à 20 bits. D'ordinaire, chaque donnée LSB prend la même allure, mais en polarité inversée, que la distorsion produite par chacune de ces données. comme on obtient ici une donnée 20 bits, celle-ci pourra par contre être introduite dans un filtre numérique 20 bits, puis transformée, à l'aide d'un convertisseur N/A 20 bits 8 fois suréchantillonné, en signal analogique. D'habitude les données en paliers de 16 bits introduites dans le filtre numérique produisent des



Mesures comparatives de trois formes de signaux (impulsion, carré à 1 kHz et 20 kHz, sinusoïdal à 0 dB) obtenus à la sortie de trois type de convertisseurs. En (a) le Denon DA-S1 à processeur Alpha, en (b) un convertisseur 64 fois suréchantillonné et en (c) un convertisseur classique à double suréchantillonné. Seul le DA-S1 assure une transcription impeccable des trois formes de signaux.

formes d'ondes caractéristiques, empreintes de suroscillations et de "marches d'escalier" par paliers de 1 LSB. Avec le procédé Denon Alpha, les données expansées à 20 bits, donc moins "accidentées" peuvent être ainsi complétées par un filtrage numérique passe-bas ultra-raide et d'un suréchantillonnage 352,8 kHz soit 8 fois 44,1 kHz. Ce procédé permet de "reconstruire" un signal analogique extrêmement pur, sans accident, sans suroscillation en régime impulsionnel. La musique en question étant pour ainsi dire faite de transitoires, la suppression d'une myriade de suroscillations au sein du signal analogique se reflète à l'écoute par un gain en transparence très marqué. On capte ainsi de nombreuses informations complémentaires, celles dont les caractéristiques typiques sont d'infimes variations de hauteur, de niveau, ce à travers toute la plage dynamique permise par la source audionumérique. On redécouvre du même coup à travers les enregistrements que l'on croyait bien connaître des ambiances, des atmosphères propres à chaque milieu acoustique,

des harmoniques plus riches, plus naturels ainsi que l'absence de phénomène de brouillage à tendance dure sur les messages complexes.

Il ne faut pas oublier de mentionner que si le circuit Alpha est le cœur du convertisseur numérique/analogique Denon DA-S1, chacun des autres étages numériques 16 bits numérique 20 bits Alpha placé en tête du montage est suivi d'un circuit numérique baptisé A-SLC (Advanced Super Linear Converter) dont le but principal est l'élimination de la distorsion de croisement. Le signal numérique 20 bits admis à l'entrée de ce circuit est dédoublé simultanément en deux signaux soumis à une polarisation numérique + et -x. Après conversion N/A et suppression des polarisations, les deux signaux sont de nouveau combinés pour former un signal analogique dépourvu de distorsion de commutation.

Les améliorations obtenues à bas niveau grâce à ce nouveau procédé sont spectaculaires. Un signal de 1 kHz de très faible niveau, soit -90 dB obtenu de façon classique, fait apparaître de fortes distorsions en

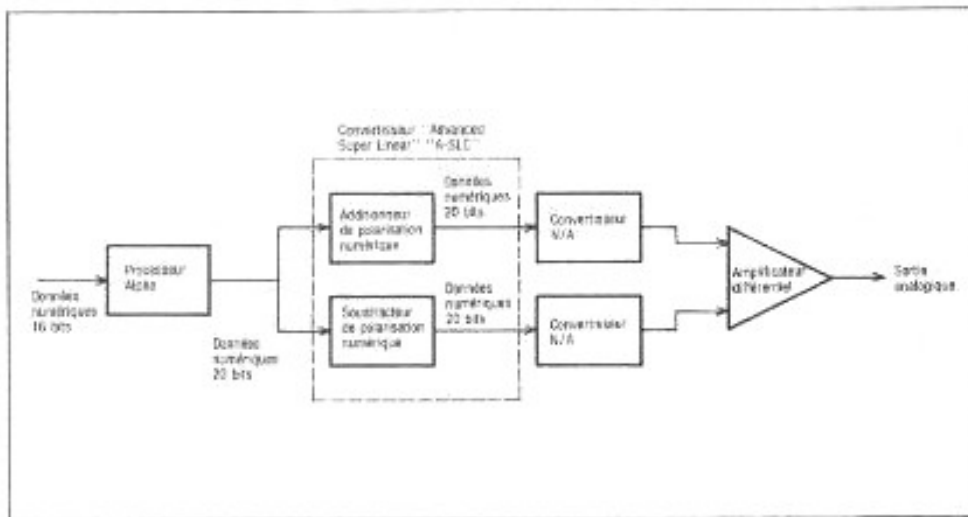


Schéma synoptique du convertisseur Denon DA-S1.

forme de "marches d'escalier". Le même signal sous le même niveau (situé quasiment au seuil minimal d'enregistrement) prend une allure de sinusoïde parfaite grâce au circuit Alpha. La comparaison, au distorsiomètre des deux signaux montre que le circuit Alpha procure une réduction du taux de distorsion par harmonique dans un facteur supérieur à 10.

En régime impulsionnel et grâce au processeur Alpha équipé d'un filtre numérique passe-haut à fréquence de coupure assistée, toute trace de surscillation située d'ordinaire avant ou après ce type de signal disparaît totalement, ce que confirment les mesures comparatives. Trois formes de signaux y figurent : l'impulsion, le carré à 1 kHz et le signal de 20 kHz (tous deux enregistrés au niveau de 0 dB). Ces trois formes de signaux sont obtenues à partir de trois types de convertisseurs N/A avec, en (a) le Denon Alpha DA-S1, en (b) un circuit 64 fois suréchantillonné et en (c) un circuit classique deux fois suréchantillonné. Ces mesures comparatives montrent la très nette supériorité du DA-S1 par rapport aux autres procédés de conversion. Il semble d'ailleurs difficile de faire mieux en termes de respect de

la forme du signal d'origine. A propos des résultats obtenus avec la méthode (b), Denon explique que le suréchantillonnage 64 fois associé au circuit DSP procure une meilleure continuité du signal. Le filtre passe-bas avec coupure située à mi-chemin entre les performances statiques et dynamiques optimales améliore les performances en régime transitoire, mais sans permettre pour autant de supprimer totalement les surscillations, d'où création de phénomènes d'interférences visibles dans la haut du spectre audio, principalement entre 10 et 20 kHz. Quant au procédé Denon Alpha, précisons qu'il n'utilise ni EPROM pour l'interpolation des algorithmes, ni processeur de type DSP. Un test particulièrement redoutable, celui de la restitution d'un signal sinusoïdal 20 kHz enre-

gistré soit à 0 dB, soit à des signaux inférieurs, révèle la supériorité du processeur Alpha non seulement par rapport aux deux procédés concurrents, mais également par rapport à plusieurs autres. Il semble être, du moins pour le moment, le seul système de conversion N/A capable de satisfaire simultanément les paramètres de qualité de réponse impulsionnelle, de distorsion aux fréquences élevées, de qualité du signal sur faibles niveaux d'enregistrement et de linéarité de réponse en fréquence. Tous ces résultats comparatifs semblent converger vers une évidence : contrairement aux suppositions, l'acquisition d'informations inférieures au LSB obtenues à partir d'interpolations est possible avec une très bonne approximation y compris en régime transitoire.

Ce convertisseur réalisé sans les impératifs habituels de coût de revient se classe parmi les réalisations les plus sophistiquées du marché actuel. La présentation particulièrement soignée associée en parfaite harmonie des côtés massifs (face avant), sobres mais élégants avec une esthétique que l'on retrouve sur le lecteur CD Denon DP-S1.

Le convertisseur DA-S1 pèse 20 kg et mesure 434 x 141 x 419 mm. Il est équipé de 5 entrées numériques avec adaptation automatique sur standards 32 kHz, 44,1 kHz et 48 kHz. Deux de ces entrées sont optiques, aux standards

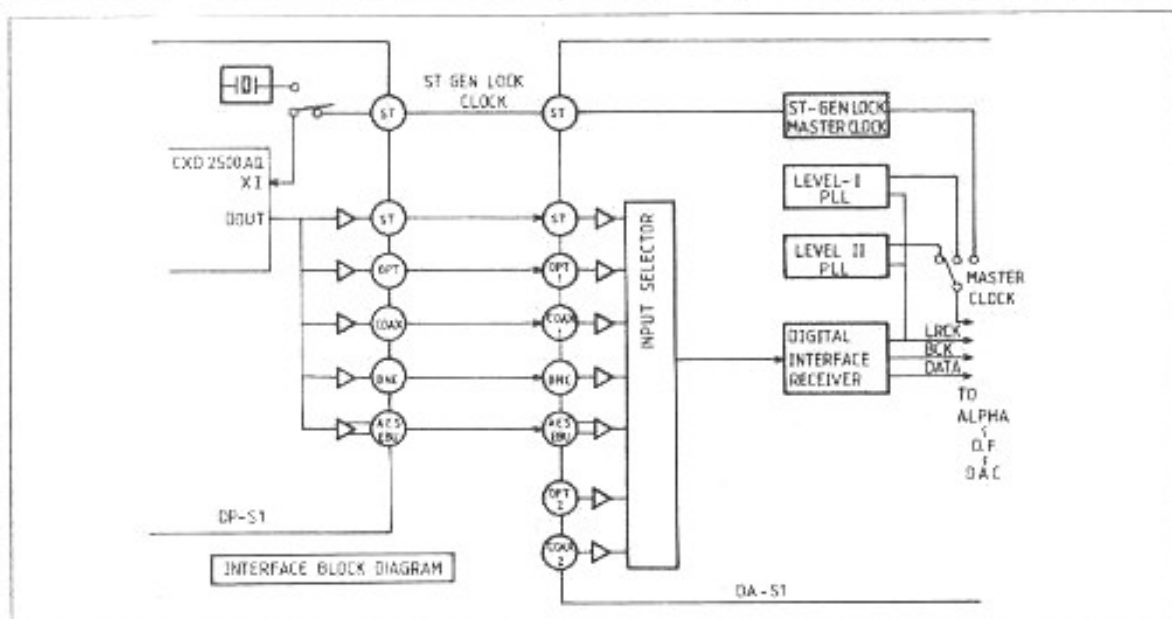
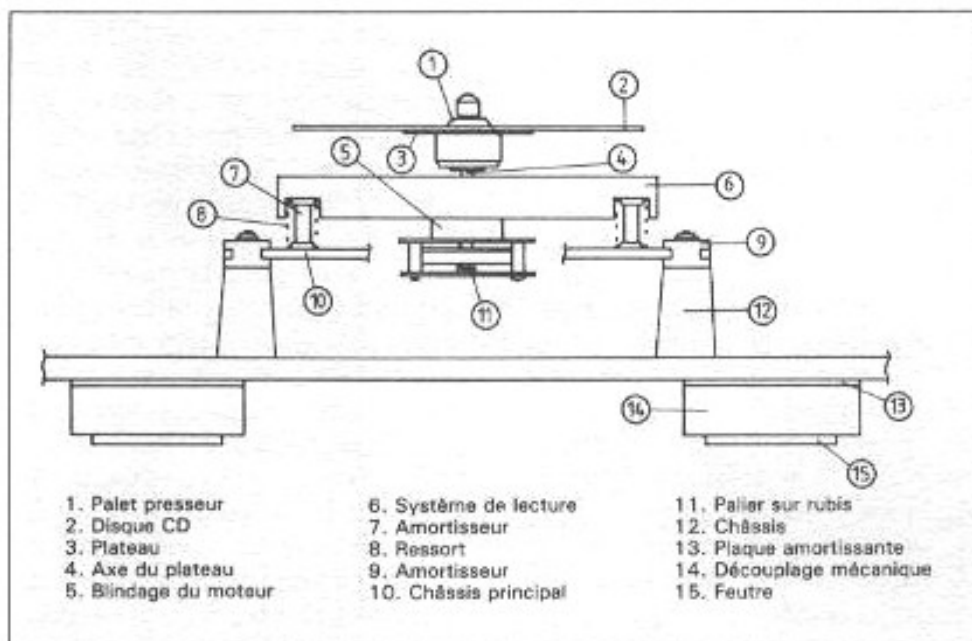


Schéma synoptique des connexions entrées et sorties du convertisseur DA-S1



*Système de transport CD du système Denon DP-S1.*

TOS et ST Link (AT&T). Deux autres sont coaxiales, aux standards BNC et RCA (0,5 V sur 75 Ω). La cinquième entrée est symétrique sur prise KLR (5 V/110 Ω). On trouve en face avant les cinq entrées commutables, avec repérage lumineux, l'affichage automatique de la fréquence d'échantillonnage de l'entrée en service, un inverseur de phase absolue du signal analogique de sortie ainsi que la commande de marche-arrêt à bouton poussoir. A l'arrière de l'appareil on trouve en plus une autre prise au standard AT&T "ST Link". Cette liaison complémentaire vers le bloc de lecture DP-S1 sert au transport du signal d'horloge (16,9344 MHz soit 384

fois 44,1 kHz). Bien que l'ensemble DP-S1/DA-S1 puisse fonctionner à l'aide d'une seule des 5 liaisons disponibles, cette liaison complémentaire élimine tout phénomène de "jitter", d'errance du signal d'horloge parcourant les circuits.

On dispose de deux paires de sorties analogiques, l'une asymétrique Cinch, l'autre symétrique.

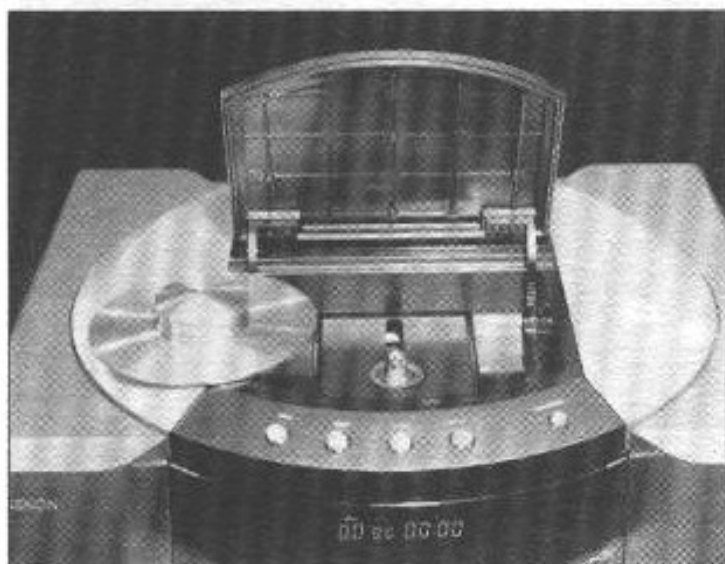
Du côté des performances, Denon annonce un taux de distorsion par harmonique de 0,0018% à 1 kHz, une réponse en fréquence linéaire à ±0,2 dB près entre 2 Hz et 20 kHz et près de 120 dB de séparation entre les canaux.

Les convertisseurs N/A 20 bits sont des modèles de haute pré-

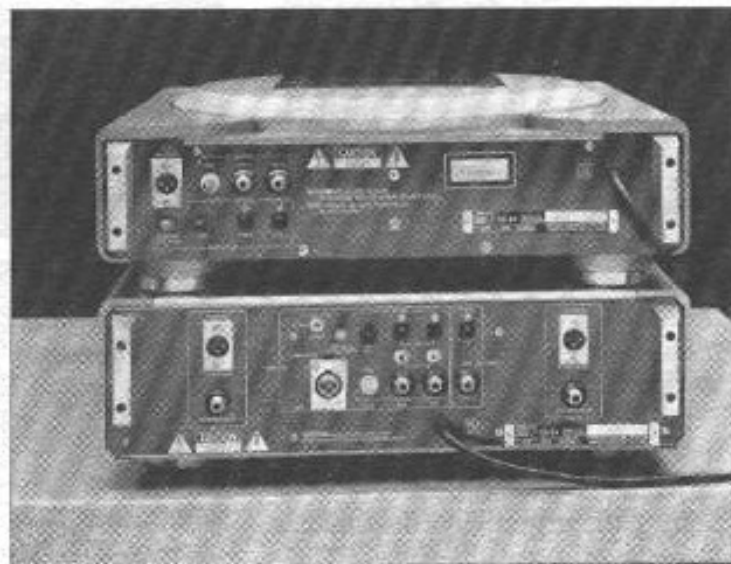
sion dont il est fait usage sur les enregistreurs audionumériques professionnels. Dans la section analogique, les étages tampon sont des circuits ultra-rapides dépourvus de contre-réaction. Bien entendu, les sections numérique et analogique sont équipées de leur propre alimentation avec transformateur séparé tandis que différents blindages éliminent tous risques d'interférences. Un petit détail : un système de mémoire pour les entrées et l'inverseur de phase absolue, de façon à ne pas avoir à renouveler différentes manipulations lors de chaque mise sous tension.

### **Le système de transport DP-S1**

Les performances extrêmement poussées du convertisseur DA-S1 méritaient bien une section mécanique à la vraie hauteur de ses possibilités. Là aussi, les ingénieurs de la firme Denon démontrent ce dont ils sont capables dès l'instant où le prix de revient n'est plus le souci principal de la réalisation. Comme on le comprend, le résultat qualitatif final dépend aussi bien du convertisseur que de la section mécanique. De ce côté, il faut avouer que même sur des réalisations de haut de gamme, la majorité des constructeurs ont apporté différentes améliorations à des sections mécaniques de qualité, incluant des commandes spéciales en petite série, mais sans



*Lecteur DP-S1, avec trappe ouverte.*



*Vue arrière de l'ensemble Denon DA-S1/DP-S1.*



*Palet-presseur du lecteur DP-S1. Il est usiné avec une précision extrême et pèse 200 g. Il coiffe entièrement le dessus du disque et supprime le phénomène de voile et de vibrations du disque en rotation.*

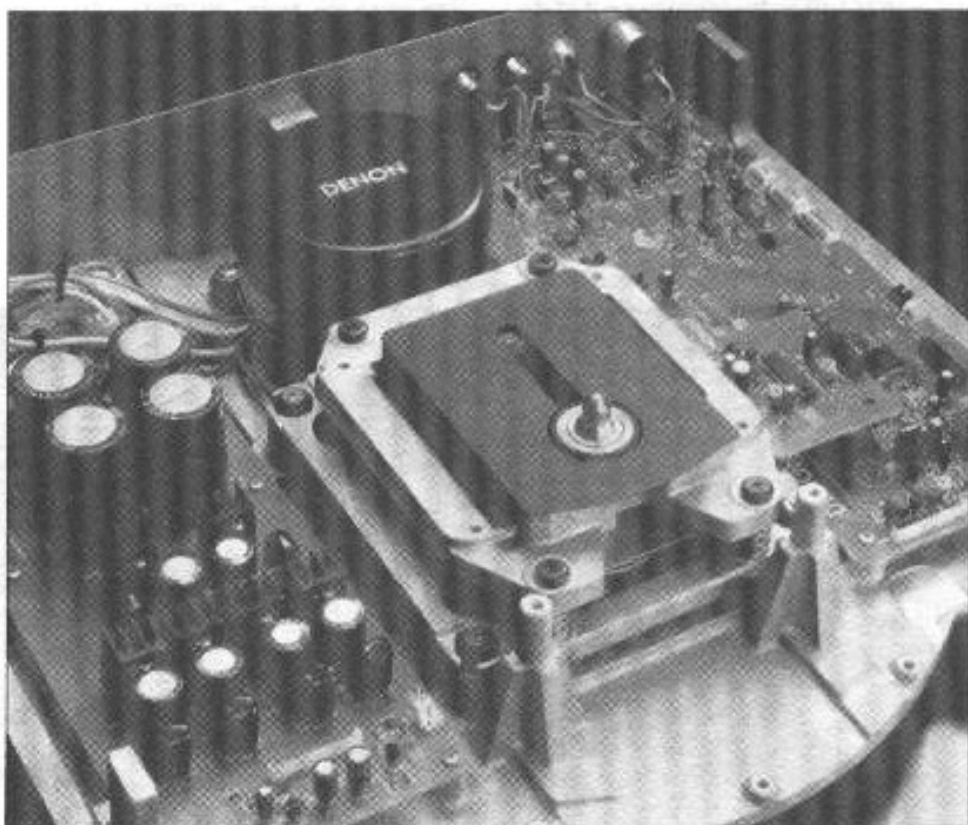
pouvoir pour autant s'attaquer directement à une conception totalement différente du moteur. Précisons à titre d'exemple, que les lecteurs CD font usage à presque 100% de moteurs de petite taille, à couple modéré, équipé d'un axe de diamètre voisin de 2 mm seulement, le principal étant d'obtenir des performances globales conformes au cahier des charges. Il est malgré tout paradoxal de constater une chose : une table de lecture analogique de qualité, équipée d'un plateau dont la vitesse de rotation moyenne est le 1/10<sup>ème</sup> de celle d'un disque CD (dont les sillons sont 200 fois plus petits que ceux d'un disque noir) est équipée d'un axe digne de ce nom, alors que l'axe d'entraînement d'un disque CD mériterait beaucoup plus de précision. S'il faut remercier ici les bienfaits des circuits de correction d'erreur et d'asservissement du bloc de lecture, Denon est, sauf erreur de notre part, le premier constructeur à concevoir pour un lecteur CD de très haut de gamme un bloc méca-

nique aussi perfectionné :

- moteur à couple très élevé, sans à-coups.
- axe de très haute précision de diamètre 6 mm (contre 2 mm en moyenne).
- axe monté sur rubis de diamètre 5 mm.
- support de moteur ultra-rigide, en aluminium injecté sous pression.
- plateau en acier inoxydable à auto-centrage.
- palet presseur massif usiné avec une grande précision (diamètre 122 mm, poids 200 g).
- chargement du disque par trappe supérieure motorisée et acoustiquement étanche.
- triple découplage mécanique du bloc de lecture.
- construction massive et anti-résonnante du châssis.
- guidage du chariot de lecture par moteur linéaire.

Comme on le sait, les données numériques inscrites sur un disque CD sont, pour les 2/3 d'entre elles, des informations autres que celles des deux canaux audio. L'ensemble des données est en fait entrelacé selon une procédure qui permet de

corriger la grande majorité des erreurs de lecture. La lecture s'effectue à raison de 4,3218 Mb/seconde et le signal capté par la tête de lecture est d'une importance capitale. Appelé "diagramme de l'œil", il doit être capté avec le maximum de netteté, sans quoi la perte d'une certaine quantité d'informations sera définitive (erreurs dites non corrigibles). Sur un système de lecture CD conventionnel, la vitesse de rotation angulaire n'est pas constante. De 33 tours 1/3 par minute sur un disque microsillon, elle varie de 500 tours/mn près de centre, à près de 250 tours/mn en périphérie pour le disque CD, ceci de façon à obtenir une vitesse de lecture linéaire de 1,2 à 1,4 m/s. Cette différence par rapport au disque noir fait comprendre la difficulté de l'asservissement, lequel prend en plus pour référence de signaux gravés sur le disque soumis à un phénomène d'inertie. En effet, l'usage d'un palet presseur, d'un plateau lourd augmentent sensiblement le moment d'inertie d'un système dont la vitesse angulaire n'est jamais constante. On a surmonté cette difficulté dans



*Vue interne du DP-S1 à mécanique centrale. Remarquer le montage sur un châssis ultra-rigide en métal injecté sous pression.*



Vue arrière de l'ensemble DP-S1/DA-S1. On remarque la présence de nombreuses entrées et sorties, incluant des liaisons symétriques XLR et optique AT&T.

presque tous les cas en réduisant au strict minimum la masse en rotation, permettant ainsi l'utilisation d'un petit moteur asservi à faible consommation. La mise en place d'un palet presseur complique très vite la situation. Elle nécessite obligatoirement un moteur plus puissant et parfaitement asservi. Il faut en plus prévoir un axe, un palier capables de supporter à long terme un poids plus élevé. Sans ces précautions, on tombe inévitablement dans un piège connu : usure rapide de l'axe, problème de suivi de lecture, décrochage en mode recherche, temps d'établissement du signal anormalement long lors du passage d'une plage à une autre. C'est justement ce genre de défaut, que l'on a pu rencontrer sur des réalisations artisanales mal conçues, que Denon a voulu éviter. Sans l'action du palet presseur, le voile, les vibrations du disque CD introduisent un phénomène de capture "dansante" du diagramme de l'œil, sous une fréquence comprise entre 3 et 7 Hz en moyenne. Dans ce signal composite, les deux seuils de décision, qui servent à établir la position des transitions 0 et 1 se trouvent ainsi soumis à un phénomène de jitter très important et facile à mettre en évidence à l'aide d'un oscilloscope. Le palet

presseur est donc bienvenu, en particulier le modèle à verrouillage central automatique adopté par Denon sur le DP-S1. Encore fallait-il faire suivre cette excellente idée d'un moteur parfaitement adapté. Autant dire que ces petits perfectionnements sont plutôt coûteux, plus spécialement encore dans le cas d'un puriste en Hi-Fi décidé à aller jusqu'au bout de ses idées. Mais le jeu en vaut le chandelle car un système de lecture ultra-stable, ultra-précis diminue considérablement le nombre d'erreurs de lecture corrigibles et non corrigibles. S'il s'agit d'une prouesse technique, ces efforts ne sont pas vains : ils se retrouvent à l'écoute sous forme d'une amélioration très sensible sur de nombreux critères : pouvoir analytique, précision de l'effet spatial, transparence, stabilité de position des sources fictives, absence de brouillage, de distorsion sur les très petits signaux et sur les messages complexes.

Passons à la réalisation du DP-S1 à laquelle Denon apporte un soin exceptionnel ainsi que le meilleur de son expérience de spécialiste. L'esthétique est de tendance curviligne avec mise en avant de ses aspects massifs (face avant). Au système de chargement supé-

rieur s'ajoute un "design" destiné très certainement à rappeler celui des célèbres tables de lecture analogique Denon à entraînement direct. La commande d'ouverture et de fermeture de la trappe s'effectue avec précision, douceur et silence. La mise en place ainsi que le retrait du disque sont simples, de même que celle du palet-presseur. Le lecteur ne comporte que les commandes principales : ouverture/fermeture de la trappe supérieure, lecture, stop, passage à la plage précédente ou suivante ainsi que celle de marche-arrêt. Au centre, la partie curviligne de la face avant fait apparaître l'afficheur multi-fonctions : piste, indexage, temps écoulé ou restant. Le moteur asservi particulièrement puissant participe à une recherche très rapide des plages. La télécommande (modèle RC-248) complète les possibilités : pause, répétition, programmation, accès direct au numéro de plage, etc. A l'arrière de l'appareil se trouvent :

- 2 sorties numériques (Cinch)
- 1 sortie numérique (BNC)
- 1 sortie numérique symétrique (XLR).
- 1 sortie optique (TOS-Link)
- 1 entrée synchro d'horloge (AT&T).

On pourra ainsi relier simultanément les différentes sorties numériques de l'appareil simultanément au convertisseur DA-S1, à un ou deux enregistreurs audionumériques, sans qu'il soit nécessaire de faire usage de raccords en T ou de boîtier ce raccordement. Le DP-S1 mesure 434 mm de large, 143 mm de hauteur, 400 mm de profondeur. Il pèse 16,7 kg. Le poids élevé s'explique par un châssis principal en font d'aluminium et en raison de la place nécessaire aux différentes alimentations stabilisées, reliées au transformateur d'alimentation torique et blindé. Contrairement à d'autres lecteurs CD de haut de gamme, le Denon DP-S1 se caractérise par une mécanique centrale simple, massive, entourée de circuits implantés de façon rationnelle, conçus pour réduire au minimum les liaisons par fils.

Sous cette forme il devient pos-

sible d'obtenir une lecture des disques CD avec un taux d'erreur réduit à son minimum. La somme considérable de précautions prises au niveau du bloc de lecture, de l'isolation contre les vibrations parasites transmises par voie aérienne ou mécanique, contre les phénomènes de voile du disque, contre d'autres points critiques tels que le retard d'asservissement, le scintillement, montrent à quel point il faut attacher d'importance au jitter, non pas celui de l'horloge du convertisseur numérique/analogique, mais au jitter, au phénomène d'errance du signal capté par la tête de lecture. Le lecteur CD Denon DP-S1 représente de ce point de vue un progrès décisif. Les maillons DP-S1/DA-S1 forment ainsi un système de lecture des disques CD hautement perfectionné, méritent largement l'attribution de nos Muses d'Or.

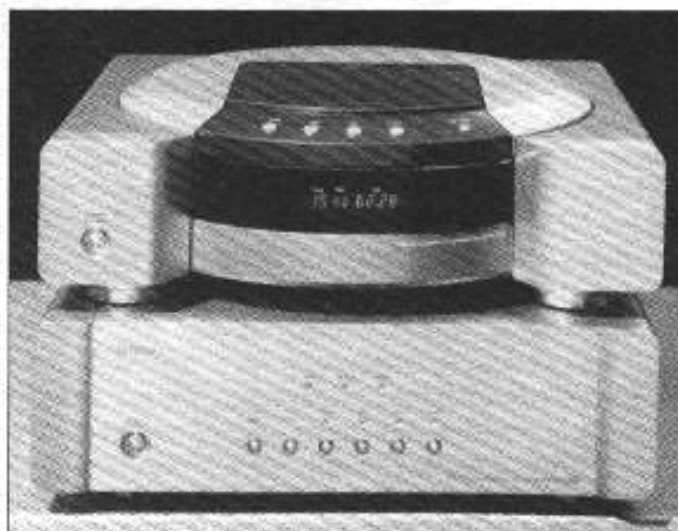
## Ecoute

Pour profiter au mieux des possibilités de l'ensemble Denon DP-S1/DA-S1, il faut disposer de maillons convenablement assortis, d'un niveau de qualité équivalent. En tant que précaution supplémentaire d'usage, il est préférable d'attendre quelques heures de mise en marche préalable. Dans presque tous les cas, la personnalité de la restitution sonore change de façon audible, marquée ou très marquée avec, en général, une impression de son plus libre, "ouvert" dont l'origine est sans doute une plus grande stabilité de la température des composants et donc des points de fonctionnement du circuit.

Les résultats d'écoute sont surprenants. Les sonorités sont riches, extrêmement naturelles, avec une sensation de soutien, de mise en place des rythmes tout à fait inhabituels. Sur des passages musicaux parfaitement mémorisés ou supposés comme tels, l'ensemble DP-S1/DA-S1 fait d'une section d'instruments à cordes des jeux d'archets parfaitement différenciés les uns des autres, des vibratos, d'une note descendante un glissando beaucoup plus riche, beaucoup plus expressif.

Le médium aigu, charpenté aux contours précis baigne dans une atmosphère lumineuse, renforçant ça et là la netteté du contour des instruments tout en faisant battre les rythmes avec du soutien, de la souplesse et toute la précision, le raffinement nécessaires pour transcrire les finesses d'une œuvre, d'une interprétation ou d'un timbre particulier. Le piano, qui fait partie des tests les plus sévères fait ressortir d'une interprétation à l'autre, d'un instrument à l'autre une palette de sonorités extrêmement étendues, un toucher expressif avec, partout, une extraordinaire mise en place de toute l'atmosphère, de l'ambiance qui entourent l'instrument sur chaque enregistrement. Le caractère tonal de chaque micro, de chaque prise de son n'exprime de façon marquée, mettant en valeur tantôt de véritable chef-d'œuvres sur le plan interprétation, soit encore des choses moins agréables telles que les mauvais montages, le mixage ou les variations de timbres lors du passage d'un modèle de micro à un autre. Dans le grave et jusqu'aux limites inférieures audibles, les effets conjugués d'une lecture extrêmement précise du disque ainsi que ceux d'un procédé de conversion entièrement nouveau éliminent cette sorte de halo, de grave faussement velouté qui font place ici à des capacités d'expression beaucoup plus variées, plus étendues. Sur de l'orgue par exemple, les notes les plus basses sur le pédalier ressortent avec des contours mieux définis, tout en se distinguant du bruit de la soufflerie (qui est parfaitement audible lorsque l'on est placé à proximité de l'instrument). L'aigu est piqué, précis, riche en expressions. Il est fluide, aéré et fusionne parfaitement avec les autres registres quand il le faut. On devient de même coup beaucoup plus exigeant en termes de qualité du disque CD

et de qualité des enregistrements sur CD. Avec cet ensemble et par rapport à des écoutes plus conventionnelles, il ne faudra pas être surpris d'entendre de temps à autres, sur des enregistrements que l'on pensait connaître à fond des sonorités, des détails encore jamais entendus auparavant. Plus généralement, l'absence de "jitter", la réduction très sensible d'erreurs de lecture se traduit ici par des sons aux contours plus nets, plus précis, ceci quel que soit leur registre ou leur niveau acoustique. De ces essais subjectifs pourront naître bien d'autres impressions. Le triangle, par exemple, pourra, au delà de ces remarques, changer de timbre selon la prise de son, s'éloigner, se rapprocher, ou faire ressortir des attaques plus percutantes de métal frappé. Si l'on est habitué à un style d'écoute basé sur le confort velouté de quelque chose de plus agréablement chantant et velouté que nature, il faudra un certain temps pour s'accoutumer à cet ensemble dont les capacités dynamiques ne semblent pas s'exprimer comme nous en avons l'habitude. Evitons donc de porter un jugement hâtif et choisissons plutôt parmi les disques CD quelques références indiscutables sur les critères de naturel de la prise de son. On sera de plus surpris de la qualité de certains enregistrements de variétés, de rock, parfois même de "tubes" dont on ne profite que très superficiellement à la radio où à la télévision.



*L'ensemble Denon DP-S1/DA-S1*



- Réalisation personnelle -

## A PROPOS DE LA PARTIE ANALOGIQUE DES LECTEURS DE CD

Serge Rabeyrolles



*Il n'est pas loin le temps où les premiers lecteurs de CD agaçaient les oreilles des audiophiles : sons durs tirant dans l'aigu, manque de "filé", lourdeur des silences, timbres décolorés, etc.*

*Des progrès ont été réalisés. En particulier en mécanique et en suivi de piste tandis que le suréchantillonnage permettait un allègement des circuits de filtrage.*

*Toutefois des défauts subsistent au niveau de la justesse des timbres et de la fluidité du flux musical.*

*La responsabilité en incombe-t-elle à la partie analogique des lecteurs ?*

*Pour s'en assurer, il suffit de simplifier celle-ci à l'extrême.*

*Le jeu en vaut la chandelle !*

### 1. Les schémas usuels

Faisant suite à la conversion N-A, la partie analogique des lecteurs remplit trois fonctions :

- la désaccentuation lorsqu'elle est commandée par le disque en lecture. Trop souvent il s'agit de la mise en œuvre d'un circuit RC par saturation d'un transistor ou d'un FET. Certains filtres réalisent cette fonction et c'est mieux ainsi (cas du CXD 2551 décrit par M. Nasserian) :

- Le filtrage des résidus de quantification. Filtrage numérique et suréchantillonnage ont porté ces résidus à fréquences élevées. Un

passé-bas du 3<sup>e</sup> ordre à réponse de Bessel suffit à les atténuer. Incontournable.

- Une amplification permettant d'obtenir 2 V efficaces au 0 dB du standard CD. Cette valeur élevée a-t-elle été imposée par les promoteurs du CD ? A coup sûr, c'est un mauvais choix.

Les convertisseurs numérique-analogique (D.A.C.) multibits les plus courants sont (voir figure 1) :

- Le TDA 1541 (Philips). Ce double DAC 16 bits absorbe au silence digital un courant d'environ 2mA autour duquel se développe

le signal audio. Il requiert, d'autre part, 2 fois 7 condensateurs de 100 nF dont la qualité influe certainement sur le son.

- Les modèles à échelle de courant fabriqués, dès le début du CD, par la firme Burr-Brown et plus récemment par Analog Devices. La plupart présente la sortie analogique sous forme d'un courant, nul au silence digital. Certains modèles incorporent un ampli destiné à la conversion courant-tension mais cet ampli est souvent déconnectable.

La chaîne analogique qui suit le

Type	Nb bits	Sortie			Particularités
		$I_o$	$Z_o$	Compliance	
TDA1541	16	0/4 mA $\pm$ 15%		$\pm$ 25 mV	Sans ampli. Courant non nul au silence
PCM 56 AD/851/56	16	$\pm$ 1 MA ( $\pm$ 30%)	1,2 k $\Omega$ ( $\pm$ 30%) 1,7 k $\Omega$ ( $\pm$ 30%)	$V_D$ $\pm V_D^x$	Ampli non branché
PCM58	18	$\pm$ 1 MA ( $\pm$ 2%)	1,2 k $\Omega$ (?)	$\pm V_D$	Sans ampli
PCM60/66	16	—	—	—	2 échantillon.-bloqueurs
PCM 61 AD 1860/61	18	$\pm$ 1 mA ( $\pm$ 30%) 1,7 k $\Omega$ ( $\pm$ 30%)	1,2 k $\Omega$ ( $\pm$ 30%)	$\pm V_D$ $\pm V_D^x$	Ampli non branché
PCM63	20	$\pm$ 2 mA ( $\pm$ 2%)	670 $\Omega$ (?)	$\pm V_D$	Système Colinear (2 DAC) sans ampli
PCM64	18	$\pm$ 1 mA ( $\pm$ 1%)	2 k $\Omega$ (?)	$\pm V_D$	Entrées numériques parallèles sans référence ni ampli
PCM67	18 et 1 bit	1,2 mA ( $\pm$ 3%)	600 $\Omega$ ( $\pm$ 30%)	—	Sans ampli - Potentiel sortie non nul
PCM1700	2 $\times$ 18	$\pm$ 0,67 mA ( $\pm$ 2%)	1,67 k $\Omega$ ( $\pm$ 2%)	$\pm V_D$	Ampli non branché - Modèle double
AD1862	20	?	?	$\pm V_D^x$	Sans ampli
AD1864/65	2 $\times$ 18	$\pm$ 1 mA ( $\pm$ 30%)	1,7 k $\Omega$ ( $\pm$ 30%)	$\pm V_D^x$	Sans ampli
AD1868	2 $\times$ 18	—	—	—	Modèle double avec ampli Potentiel sortie non nul
AD1866	2 $\times$ 16	—	—	—	Modèle double avec ampli Potentiel sortie non nul

x probable (A-D non consulté)

Fig. 1 : Tableau de quelques DAC.

TDA1541 est représentée, en fig. 2. Un premier ampli (AOP) effectue la conversion courant-tension et amène le signal à 2 V au 0 dB. Il réalise également un passe-bas du 1<sup>er</sup> ordre et supporte aussi le dispositif de désaccentuation. Le second AOP, au gain 1, est configuré en structure Sallen-Key passe-bas d'ordre 2. Les deux passe-bas sont calculés pour que leur ensemble présente une réponse de Bessel d'ordre 3. Noter l'exécrable condensateur électrochimique en sortie dont la valeur élevée (100 à 220  $\mu$ F) semble indiquer la possibilité d'y brancher une charge aussi basse que 1 à 2 k $\Omega$  ! Surprenant !

A la suite d'un DAC, BB ou AD, le schéma est fort peu différent. L'AOP interne semble toujours utilisé et procure le

fameux 2 V. Sa sortie à basse impédance permet à certains constructeurs la réalisation du filtre d'ordre 3 à partir d'un seul AOP. Depuis l'emploi du suréchantillonnage, ce type de schéma se trouve dans de nombreux lecteurs quel qu'en soit le prix. L'évolution est quasi nulle, les différences portant sur les alimentations, les découplages et autres accessoires liés à la télécommande. Belle unanimité pour les AOP, LM 833 NE5534 et son "dual" 5532 et AOP similaire de fabrication japonaise.

Depuis peu, les DAC dits "1 bit" envahissent le marché (Bitstream, MASH). Je manque d'information les concernant. Je les soupçonne de travailler en monotension. Leur sortie évolue, de ce fait, autour d'un potentiel non nul (cas du PCM 67). Si c'est le cas, ils n'entrent pas

dans le cadre de mon projet.

## 2. Les AOP intégrés

Conçus pour un large marché, ces amplis s'adaptent à de nombreux cas de figure : diversité de gain et de tensions d'alimentation. Des gains importants, atteignant  $10^6$ , sont obtenus de deux étages grâce à des générateurs de courant utilisés comme charge. Ces gains ne se maintiennent pas en fréquence et la coupure à -3 dB ne dépasse pas 1 kHz (600 Hz pour le 5534).

Une coupure dans le domaine fréquentiel se traduit par un retard dans le domaine temporel. La soustraction entre signal d'entrée et signal de contre-réaction issu de la sortie ne s'effectuera pas pendant un court instant, amenant de ce fait l'étage d'entrée à saturation. C'est

le mécanisme, maintenant bien connu, de la distorsion d'intermodulation transitoire.

Pour y remédier, un bon schéma audio accusera une coupure au-delà de 20 kHz. Comme la stabilité d'une boucle devient, alors, plus difficile à atteindre, le taux de contre-réaction ne pourra pas être élevé. C'est pourquoi, à égalité de gain bouclé, l'ampli doit présenter un gain modéré associé à une bonne linéarité.

Les AOP intégrés sont loin de ce cadre ! S'y ajoute un autre aspect toujours passé sous silence : le courant de repos de leur Push-Pull de sortie. Impossible de connaître la zone de travail en classe A de cet étage.

Petit calcul amusant : la notice du NE 5534 garantit 13 V crête typique sur 600Ω pour ±15 V d'alimentation. Soit 21,6 mA dans la charge. Si le push-pull de sortie est quasi linéaire et travaille en classe A jusqu'à ce point, il doit présenter un courant de repos de 10,8 mA. Or la consommation typique de tout le circuit est affichée à 4 mA !

Cette critique des AOP intégrés intéresse la bande audio. Au-delà de 20 kHz, c'est bien pis ! Quel est le comportement de ces AOP en sortie de DAC alors que le signal à traiter est une succession de marches d'escalier dont les durées sont liées à une fréquence de sur-échantillonnage très élevée (176 ou 356 kHz) ?

Quant aux AOP inclus dans certains DAC, c'est bien simple : aucune caractéristique les concernant n'est indiquée. Bref en anticipant sur ce qui suit, il est certain que les AOP intégrés utilisés en conversion I/V en sortie de DAC sont le point noir des lecteurs.

### 3. La solution didactique (schéma ci-contre)

Elle est fort simple et ne peut être critiquée. Elle consiste à brancher directement en sortie "courant" du DAC un filtre passe-bas entièrement passif, d'ordre 3 à

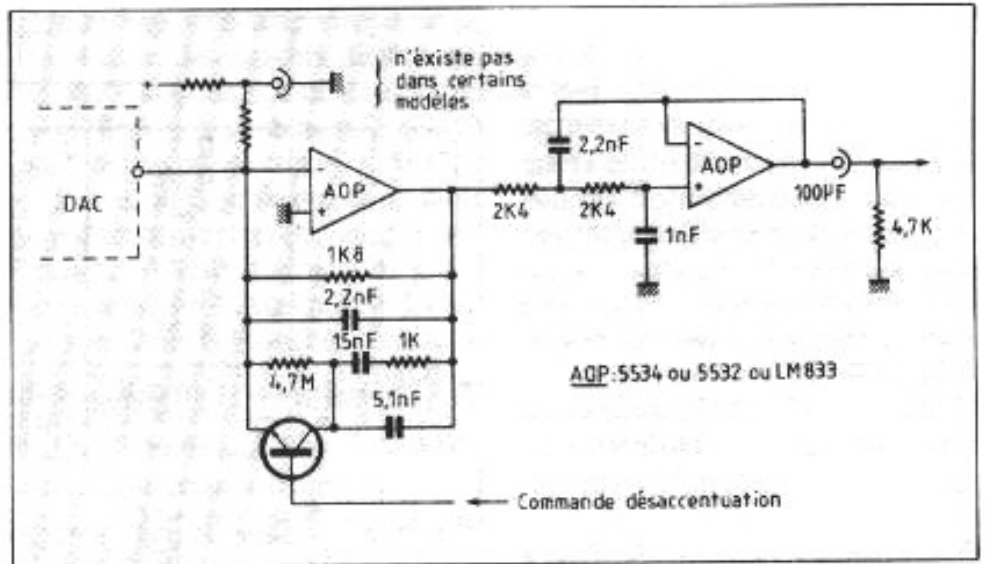


Fig. 2 : Schéma analogique classique.

réponse de Bessel.

Qui plus est, un condensateur de liaison en sortie n'est pas nécessaire. Cette simplicité impose des contraintes qu'il faut examiner :

- choix des DAC
- choix et calcul du filtre passe-bas
- choix de la tension maximale de sortie
- servitudes annexes.

#### 3.1. Choix des DAC

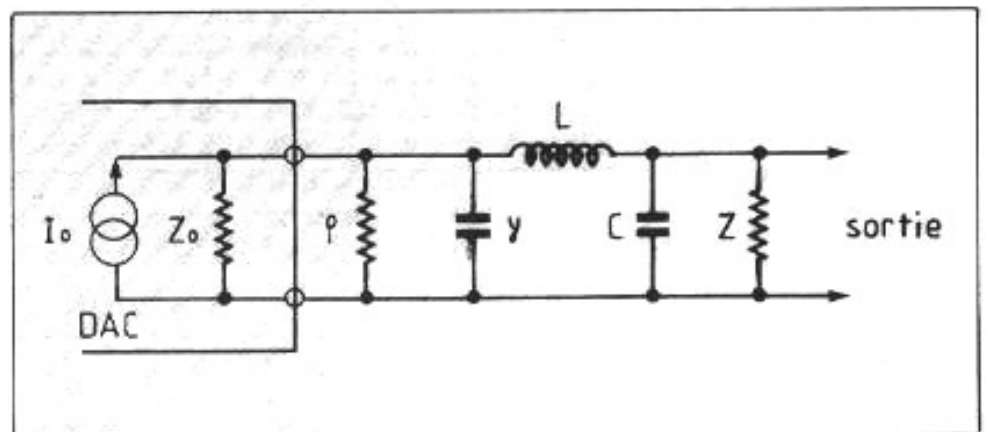
Les DAC susceptibles d'être utilisés dans ce schéma sont ceux :

- qui présentent une sortie en courant sans interposition d'AOP, d'échantillonneur-bloqueur et non affectés de "glitch"
- dont la grandeur analogique de sortie se développe symétriquement autour du potentiel 0
- dont l'offset de courant est faible

-dont la sortie accepte que s'y développe une tension non négligeable sans perturbation de la conversion.

Ce dernier point est crucial. La tension maximale possible que les Anglo-Saxons intitulent "Compliance Voltage" n'est pas spécifiée pour les DAC audio alors qu'elle l'est pour certains DAC d'instrumentation. Questionné à ce sujet, la firme B-B indique que la sortie courant de ses DAC est limitée par deux diodes tête-bêche. La valeur crête du signal ne doit donc pas rendre ces diodes conductrices et, de ce fait, ne pas dépasser ±400 mV environ. Les convertisseurs pouvant être utilisés ainsi, sont signalés en fig. 1 par une "compliance voltage" noté ±V<sub>D</sub>.

Une difficulté apparaît. Les valeurs de I<sub>o</sub> et Z<sub>o</sub> des DAC possibles



sont, pour beaucoup d'entre eux, spécifiées à  $\pm 30\%$ . Pour le filtre,  $Z_0$  doit être connu avec une bonne précision. Quant à  $I_0$ , sa valeur influence sur la tension de sortie et sur l'identité des deux voies. La mesure de ces deux grandeurs, impossible en fabrication de série, est à la portée d'un amateur s'il dispose d'un disque de mesure tel que le Philips SBC 429.

Seul le PCM 1700 permet de présenter, à titre indicatif, un schéma avec valeurs des composants.

### 3.2. Choix et calcul du filtre

Le filtrage analogique doit être manié avec précaution car il introduit des rotations de phase dans la bande non atténuée. Les harmoniques associés au fondamental d'un son en constitue le timbre. Celui-ci dépend des amplitudes respectives des harmoniques mais aussi, ce qui est moins connu, des divers rapports temporels (thèse du Normalien M. J-C Risset).

Les diverses composantes fréquentielles du signal audio doivent donc se propager sans altération de ces rapports. Autrement dit, le temps de propagation de groupe doit être constant dans la bande audio. Ce temps  $\tau$  est la dérivée du déphasage par rapport à la fréquence. Les filtres dont la variation du  $\tau$  dans la bande non atténuée est la plus faible sont les filtres à ré-

n	Variation %			
	1	10	20	50
1	0,1	0,34	0,50	1,00
2	0,56	1,09	1,39	2,20
3	1,21	1,94	2,29	3,40
4	1,93	2,84	3,31	4,60
5	2,71	3,76	4,20	5,78
6	3,52	4,69	5,95	6,97
7	4,36	5,64	6,30	8,15

Si  $F_0$  fréquence où l'affaiblissement atteint  $-3$  dB

pour  $n=1$   $\frac{F_0}{F_r} = 1$     pour  $n=2$   $\frac{F_0}{F_r} = 1,362$     pour  $n=3$   $\frac{F_0}{F_r} = 1,7557$

Valeur de  $\frac{F_0}{F_r}$  pour les pourcentages indiqués de variation du taux de propagation de groupe.

Fig. 3 : Filtre passe-bas à réponse de Bessel.

ponse de Bessel.

Quel ordre choisir ? Le tableau de la figure 3 tiré des "Techniques de l'ingénieur" est instructif. La pente d'atténuation d'un passe-bas d'ordre  $n$  tend vers 20 ndB/décade. Mais à l'intérêt de prendre  $n$  grand, s'ajoute le fait que la fréquence  $F_0$  peut se rapprocher de la borne supérieure de la bande non atténuée, soit pour nous 20 kHz, à égalité de variation de  $\tau$ .

Bref, pour une variation de  $\tau$  fixée à 1% à 20 kHz, cette fréquence  $F_0$  pourra au moins être égale à :

- 29,02 kHz pour un Bessel d'ordre 3

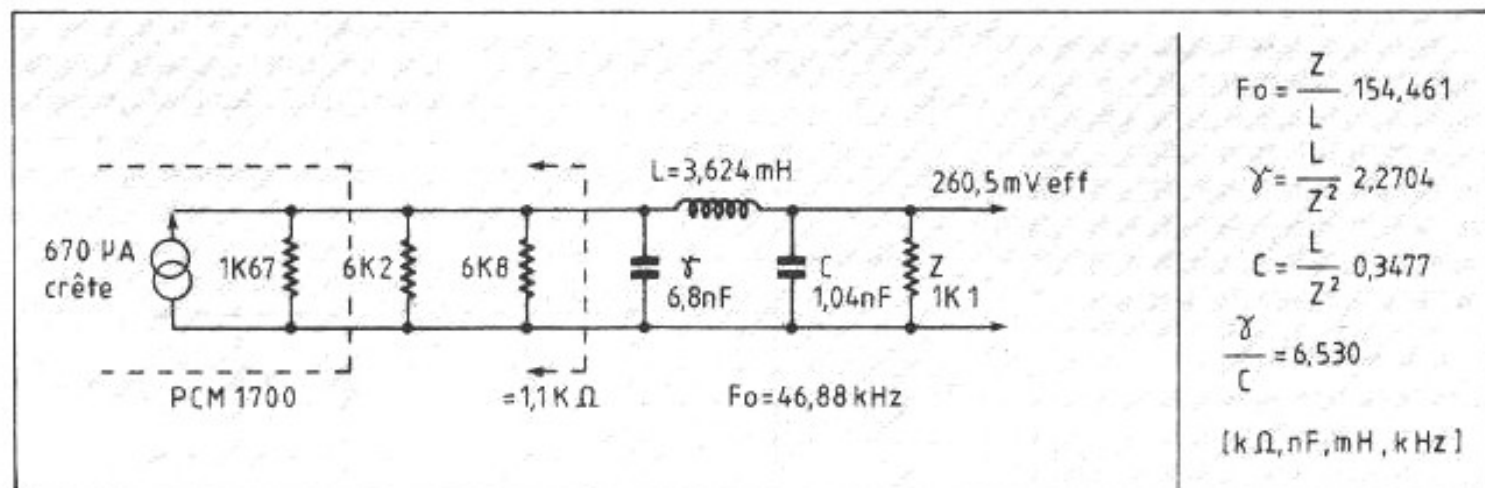
- 48,63 kHz pour un Bessel d'ordre 2

- 200 kHz pour le 1<sup>er</sup> ordre (cellule RC).

Le simple RC est inefficace et il faut s'en méfier. Il est souvent utilisé, à tort, à des fréquences de coupure trop basses.

Comme un filtre d'ordre 2 requiert déjà une inductance, qu'un simple condensateur ajouté permet d'accéder au troisième ordre, celui-ci concilie au mieux simplicité et performances.

La fig. 4 indique les relations définissant le Bessel d'ordre 3 lorsque  $\rho=Z$  et les valeurs des composants qui s'en déduisent en



L sur pot normalisé 14 x 8 Ferrite T11 250 nH/sp<sup>2</sup> soit 158 spires

Fig. 4 : Exemple de filtre passif.

liaison avec un PCM 1700 et un suréchantillonnage par 8.

### 3.3. Le choix de la tension sortie

Une chaîne électronique de reproduction sonore comporte généralement un sous-ensemble que l'on peut appeler préampli central. Cet élément de manœuvre part des entrées des diverses sources jusqu'à l'entrée de l'ampli de puissance et regroupe diverses fonctions dont certaines sont absentes selon la philosophie retenue par le constructeur : Sélection des entrées, report vers l'extérieur pour enregistrement commutation mono-stéréo, réglages de volume, de balance, de tonalité, touche de silence, etc. et au moins un élément amplificateur.

D'un côté, en effet, il faut délivrer au moins 1 V à l'ampli de puissance et de l'autre recevoir 100 à 200 mV en provenance d'un correcteur RIAA classique.

Le fameux 2 V des lecteurs CD s'y intègre bien mal ! Ce préampli central doit atténuer puis amplifier. C'est idiot et la preuve en est la touche CD Direct que proposent certains matériels. La préamplification est assurée et mal pour le lecteur alors que souvent le préampli central est bien meilleur. Bref, ce 2 V pue le bas de gamme.

Quoi qu'il en soit, j'ai choisi 260 mV<sub>eff</sub> au 0 dB (-9,5 dBu).

L'expérience montre que les pointes de modulation n'excèdent guère -6 dB soit 130 mV efficaces, correspondant aux pointes analogues issues d'un correcteur RIAA.

### 3.4. Servitudes annexes

Un circuit aussi simple n'est pas versatile. Il faut composer avec la charge extérieure : impédance d'entrée de la chaîne et capacité du câble de liaison. Le dispositif de désaccentuation est absent.

Mais n'oublions pas qu'un tel circuit ne poursuit qu'un but didactique : les tests auditifs.

### 4. Tests auditifs

C'est un lecteur de milieu de

gamme qui a reçu le circuit de la fig. 4 avec des valeurs différentes puisqu'il était équipé de deux DAC AD 1860. Le suréchantillonnage par 8 est assuré par un NPC 5813.

J'avais déjà aménagé, deux mois auparavant, ce lecteur en gardant branché l'AOP interne des DAC que suivait un Bessel passif. La résistance Z de celui-ci était fractionnée pour former un atténuateur. L'implantation du circuit sans AOP et les mesures associées m'ont demandé un certain temps et il s'est écoulé 30 heures entre l'écoute des deux systèmes.

Malgré ce temps et l'absence de comparaison immédiate, le gain auditif était manifeste. Il ne s'agit donc pas de "micropoils". Au contraire, ce qu'on y gagne me paraît essentiel au sens propre du terme : fluidité, fidélité des timbres. L'aigu semble libéré avec moins de gêne entre sons adjacents. Bref cela sonne "juste".

C'est avec quelques CD et leurs correspondants en vinyle qu'a eu lieu le second test chez un ami et sa chaîne de haut niveau ne comportant pas de lecture CD mais une platine Goldmund équipée d'un phonolecteur Koetsu. Les trois paires d'oreilles à l'écoute n'ont décelé aucune différence.

Des confrontations avec lecteurs CD ont permis de bien cerner l'acquis. Mais ces tests sont sujets à caution car ces lecteurs appartenaient à des gammes inférieures au mien encore que l'un d'eux m'ait semblé meilleur, de mémoire, à celui-ci dans son état d'origine.

Le dernier test intéressant s'est déroulé dans un auditorium bordelais avec un lecteur de haut de gamme : le Mod Squad. Rendu sonore très peu différent : aigu moins libre ou plus insistant sur le Mod qui, par contre, montrait un peu plus de corps (sur piano).

### 5. Solution opérationnelle

Modifier un appareil requiert compétence et moyens. La revue et

l'auteur ne peuvent se charger d'une telle responsabilité morale comme l'écrivait J. Hiraga dans le n° 19. Ce n'est, d'ailleurs, pas le but de cet article, mais par contre, on peut se mettre dans la peau d'un constructeur de lecteurs.

Le circuit décrit ne lui convient pas. Certes, il choisira un filtre numérique assurant également la désaccentuation. Mais il faut adjoindre en sortie un tampon actif pour se libérer des problèmes de charges extérieures.

Si étage tampon il y a, autant l'utiliser aussi pour le filtrage ce qui permet d'éliminer l'inductance. Un tel schéma apparaît en fig. 5. Les éléments R, C et  $\gamma$  autour du tampon de gain 1 forment une structure Sallen-Key d'ordre 2. Le troisième ordre est atteint grâce à la cellule initiale  $\rho$  et  $\gamma_0$ . Le tout doit présenter une réponse de Bessel et, les cellules n'étant pas indépendantes, un calcul est nécessaire. Les résultats en sont donnés en fig. 6.

En pratique, la valeur de  $\rho$  sera bien inférieure à celle de R et, de ce fait, la cellule du second ordre est très proche d'un Butterworth ( $C=2\gamma$ ) La fig. 5 présente un cas chiffré parmi bien d'autres et utilisent les valeurs normalisées du code 1% (série E96). Il faut diminuer la valeur théorique de  $\gamma$  de 3 à 5 pF correspondant à la capacité d'entrée du tampon et aux capacités du câblage.

Outre les sorties d'environ 260 mV au 0 dB, rien n'empêche, pour des raisons commerciales, de faire suivre ce circuit d'un potentiomètre (motorisé, télécommande oblige !) attaquant un AOP délivrant les 2 V usuels.

Encore faut-il définir un ampli de gain 1 irréprochable !

### 6. Adaptateur d'impédance

Tampous, ou buffers du commerce, contrairement aux AOP intégrés, affichent des performances dépassant les besoins audio

(LH0033 par exemple). Leurs boîtiers, leur consommation et leur prix incitent à les écarter.

Un étage de gain 1 se réalise simplement avec un émetteur (ou source) asservi. Pour améliorer la linéarité, on cherche à faire fonctionner l'élément sous tension et courant constants. D'où le FET en bootstrap de l'élément actif de la figure 7A et le générateur de courant calé à plus de 50 fois le courant de crête maximal transféré à la charge.

L'expérience montre qu'avec un bipolaire, le bootstrap n'est pas nécessaire parce que la tension à transférer est faible (300 mV au mieux). Le JFET peut remplacer ce bipolaire mais il doit présenter une forte pente. Le 2SK170GR convient mais de justesse : un bootstrap n'est pas superflu. Les FETs classiques (type 2N 5457 à 9, J203, 2SK30A, etc.) ne conviennent pas car le taux de distorsion y est, au moins, 10 fois supérieur.

Le générateur de courant représenté est un exemple particulièrement simple. Le TL014 de Texas est un miroir de courant type Wilson multiplicateur par 4 en boîtier plastique.

Ce schéma simple requiert un condensateur de blocage en sortie présentant les qualités audio que l'on sait. La valeur peut se borner à 4,7  $\mu$ F. L'impédance d'entrée d'un bon préampli est normalement supérieure à 20 k $\Omega$ .

Pour éviter ce condensateur, il faut un montage à déport continu entrée-sortie nul ou très faible. Le circuit de la figure 7B exploite le type de polarisation que les JFETs partagent avec les tubes. Le générateur de courant reproduit la partie haute active. Cette symétrie garantit une bonne stabilité. Toutefois, ce schéma, possible pour un amateur, est inapte à une fabrication parce que :

- il comporte un réglage
- il requiert deux K170 assez proches (le K240 n'est pas sans reproche à cet égard)

- il faut tester le FET pour connaître la valeur de la résistance associée pour le courant choisi (de 1,5 à 2 mA). La dispersion indiquée par le constructeur étale cette va-

leur de 18 à 82  $\Omega$  environ.

- il faut également s'assurer de la polarisation du FET en bootstrap compte tenu de sa propre dispersion.

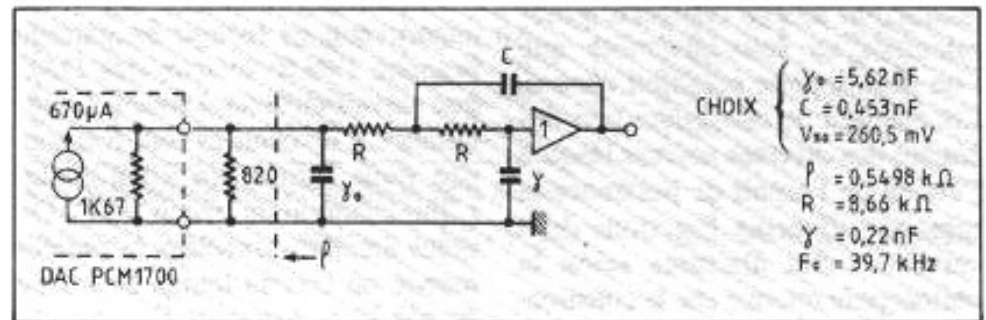


Fig. 5 : Exemple de filtre actif.

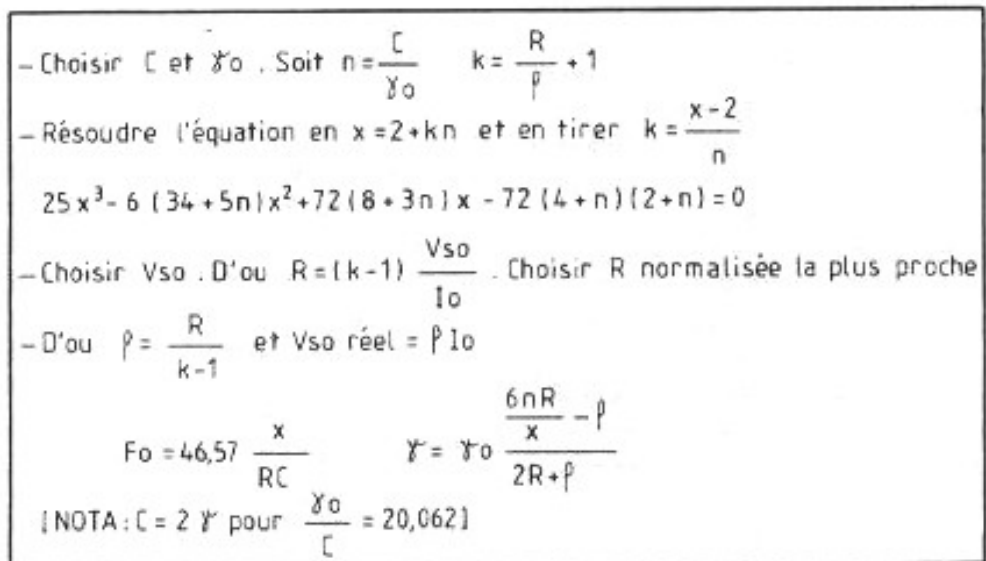


Fig. 6 : Marche à suivre.

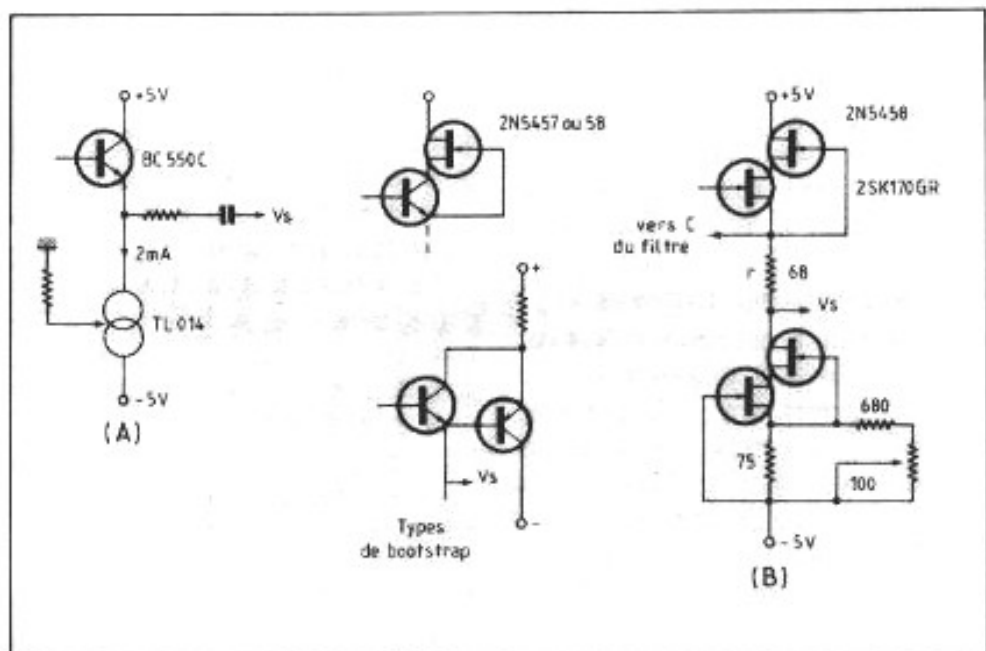


Fig. 7 : Exemple de tampon.

Je me suis donc efforcé de concevoir un schéma ne nécessitant ni tri ni réglage. Il apparaît en fig. 8 et fait appel à deux suiveurs en cascade. Le premier utilise le 2SK170, intéressant par sa très grande impédance d'entrée. N'oublions pas en effet que le filtre en amont lui présente une impédance qui tourne autour de 18 k $\Omega$ . Le second utilise un bipolaire PNP. Pour les deux branches, on retrouve un générateur de courant. C'est à leur niveau que s'exerce l'action d'une boucle d'asservissement utilisant un AOP monté en intégrateur. La tension de sortie notée  $V_s$  est asservie à 0 plus ou moins l'offset d'entrée de l'AOP à choisir en conséquence. Ce type de boucle est classique. On lui reproche parfois de polluer quel que peu le signal audio. Ce n'est sûrement pas le cas ici. On notera la présence d'un filtre autour des condensateurs dans les bases des générateurs de courant. Ces filtres paraissent nocifs puisqu'ils dimi-

nuent la marge de stabilité de l'asservissement. Un calcul de la boucle est nécessaire et les valeurs indiquées assurent une réponse de Bessel. Ils ont l'immense intérêt d'éviter de ramener au niveau du signal audio toute pollution en provenance de l'AOP. On notera également la valeur élevée de la résistance  $R$  de prélèvement sans effet sur la sortie. C'est pourquoi, d'ailleurs, l'AOP doit être un modèle à FETs d'entrée.

En ramenant le drain du K170 en un point où le signal est égal au signal d'entrée, on fait travailler ce FET à tension  $V_{DS}$  constante et on améliore également le travail de la boucle.

Ce circuit prend en compte la dispersion du K170 en modifiant non seulement le courant qui traverse celui-ci mais également le courant traversant le bipolaire. Le circuit est calculé pour que les variations relatives de ces deux courants soient à peu près identiques.

Ceci entraîne, d'ailleurs, un courant dans le bipolaire double du courant dans le FET au nominal (K170 bien centré dans la dispersion).

Le calcul du circuit et de la boucle est un peu trop long pour être exposé ici (me contacter si nécessaire). Les tensions d'alimentation sont  $\pm 15$  V. J'ai pourtant commencé l'étude avec  $\pm 5$  V, tensions souvent utilisées par de nombreux lecteurs CD pour alimenter leur partie analogique. Mais le bruit dans la bande 400 Hz-30 kHz atteignait 12,6  $\mu$ V eff. alors que le montage simple de la fig. 7A affiche 1,6  $\mu$ V entrée massée (résiduelle du millivoltmètre : 1,2  $\mu$ V). Ce bruit se présente sur le collecteur du générateur inférieur (NPN) et sera d'autant plus faible que la résistance vue par le collecteur est faible et que la résistance d'émetteur est forte. Pour la même valeur de  $Z$  (910  $\Omega$ ), la résistance d'émetteur ( $\rho_e$ ) du montage alimenté en  $\pm 5$  V se situe

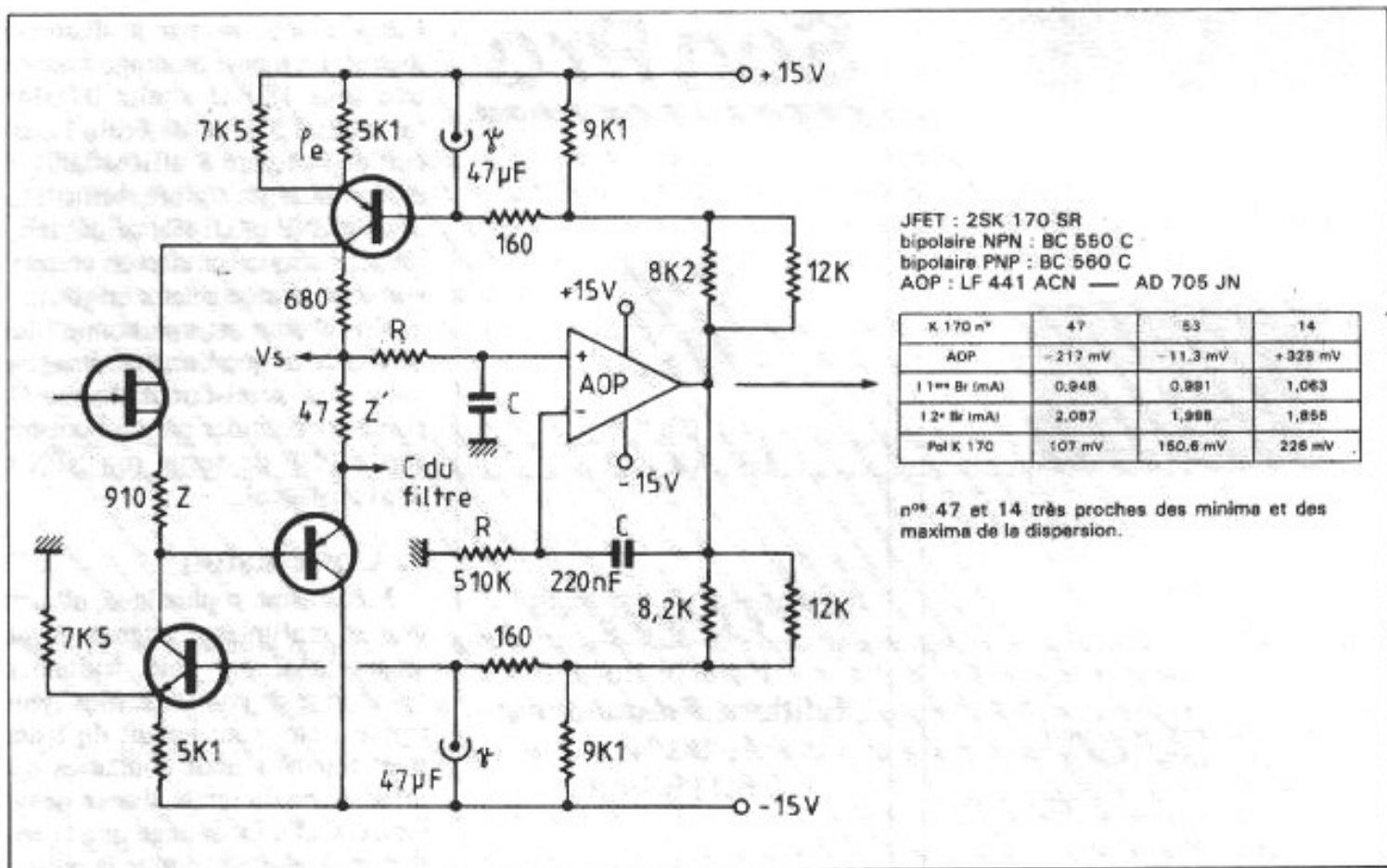


Fig. 8 : Exemple de tampon sans réglage.

autour de  $500 \Omega$ . On ne peut pas l'augmenter. A  $\pm 15 \text{ V}$ , on peut facilement choisir  $3 \text{ k}\Omega$  et le montage de la fig. 8 affiche  $6,7 \mu\text{V}$ .

On peut aller plus loin en diminuant la valeur de Z qui peut être constituée d'une valeur plus faible et d'une diode en série. Cette diode peut être un transistor PNP monté en diode qui sera avantageusement dans le même boîtier que le PNP de la seconde branche (transistor double type 2N3807, MP852). Cette variante du circuit, avec valeurs appropriées, affiche un bruit de  $2,5 \mu\text{V}$ .

Quel est le seuil de bruit tolérable ? Il faudrait faire le test. Le bruit est, par contre, gênant pour effectuer une mesure de distorsion. Qu'on en juge !

Le générateur d'impédance de sortie  $600 \Omega$ , branché sur le distorsiomètre affiche  $0,0016\%$  à  $3 \text{ kHz}$  dans la bande  $400 \text{ Hz}-30 \text{ kHz}$ . Le bipolaire de la figure 7A, entrée à basse impédance, affiche  $0,0013\%$  à  $600 \text{ mV}$  (noter l'influence de l'impédance vue par le distorsiomètre). Le même montage avec entrée sous  $18 \text{ K}\Omega$  atteint  $0,0024\%$  mais aussi  $5,4 \mu\text{V}$  de bruit. Le circuit de la figure 8 affiche  $0,0017\%$  et sa variante faible bruit avec double PNP  $0,0014\%$ , ce qui laisse rêveur puisque ces circuits comportent tout de même deux étages.

Ce schéma est une bonne illustration de ce que l'on peut imaginer avec des semi-conducteurs. On pourrait continuer par un bootstrap sur le PNP de sortie (un NPN et une résistance).

## 7. Conclusion

Mécanisme sophistiqué, alimentations multiples, systèmes à plusieurs DAC par voie, traitement numérique de course, sorties symétriques, etc. sont autant de tentatives louables mais coûteuses d'amélioration du rendu sonore de nos lecteurs CD. Dommage que la section analogique en limite la portée ! Le système que je propose apporte beaucoup plus et sans surcoût.



**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**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**



**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

# POINT DE VUE

## TECHNOLOGIES D'HIER ET DE DEMAIN : LES PARADOXES DE L'ÉVOLUTION

*Maxime et Florian Louineau*

**Q**

*ui dans le monde de l'enregistrement ou de la reproduction sonore n'a pas ressenti au moins une fois un vertige face aux mutations de ces quinze dernières années ?*

*Personne, probablement.*

*Liées en grande partie aux technologies numériques et, conjointement, à l'essor de l'informatique ces mutations affectent en majorité deux secteurs : l'enregistrement et le traitement de signal. Chacun peut à loisir mesurer le chemin parcouru dans ce domaine : pour autant, doit-on dire que tout est plus mieux dans le meilleur des mondes ?*

*Ainsi l'ingénieur du son des années 90 consacre le plus clair de son temps à la machinerie du studio, ceci au détriment de la spontanéité, tandis que le musicien voit son inspiration décroître proportionnellement au nombre de "boîtes à musique" qu'il possède...*

*Ces nombreux paradoxes sont-ils les fruits de l'évolution des technologies ?*

*La question mérite d'être posée.*

### **Pour le meilleur et pour le pire**

De l'audio numérique il faut apprécier bien sûr les progrès accomplis au service de la musique mais aussi, qui aime bien châtie bien, dénigrer les nombreuses aberrations de ce que certains considèrent déjà comme un aboutissement.

Ainsi pour le grand public, l'audio numérique séduit et évoque facilement l'adage "the perfect sound forever" tandis que de l'autre côté de la barrière, les professionnels de l'enregistrement et du mastering sont maintenant devenus les cobayes involontaires du gigantesque labyrinthe audionumérique ; l'ex-

périence en cours prend parfois des allures cauchemardesques...

### **Des formats à foison**

L'enregistrement analogique nous a habitués depuis longtemps à une standardisation de bon aloi garante de l'interchangeabilité des produits sur bande entre les diffé-

rents studios. Le nombre élevé de formats en enregistrement audio-numérique soulève on s'en doute quelques problèmes d'incompatibilité. Le tableau 1 résume les caractéristiques des différents formats d'enregistrement audio-numérique sur bande magnétique. En 1993 on dénombre, sauf omission, 15 de ces formats existant ou ayant existé (le format développé par 3M et celui mis au point par Decca ne figurent pas dans le tableau 1). Un format donné exprime les caractéristiques maximum que l'on peut en attendre, ses limites étant aussi dépendantes de son implémentation sur l'enregistreur qui l'adopte.

Le principal étant, à partir d'un enregistrement réalisé sur une machine dans un format donné :

- de pouvoir relire sur une autre machine de même format de marque identique ou différente (ce n'est pas toujours évident)

- d'avoir la possibilité de relire cet enregistrement sur une machine de format différent.

Sil est bien entendu normal que deux formats dont l'un emploie un tambour de têtes rotatives, l'autre un bloc de têtes fixes soient incompatibles en ce qui concerne la capa-

cité d'échanger des produits enregistrés, on peut estimer regrettable le fait que deux formats différents qui reposent sur l'emploi d'un bloc de têtes fixes et exploitent une même largeur de bande ne puissent offrir la compatibilité des enregistrements. Le tableau 2 illustre à merveille l'incompatibilité de tous ces formats. Parmi eux on peut tirer quelques grandes lignes et isoler des familles au sein desquelles ce qui se ressemble ne s'assemble pas toujours.

1. Les formats utilisant un bloc de têtes fixes et des bobines libres.

- Le DASH (photo 1) disponible en 2, 24 et 48 pistes. La compatibilité entre les bandes enregistrées sur machines 24 et 48 pistes est totale. Pour les machines 2 pistes il y a eu quelques problèmes dus à l'existence de deux vitesses et à l'apparition du Twin DASH dans les années 80. Le dernier enregistreur Sony PCM 3402 autorise cependant la relecture de toutes les bandes 2 pistes enregistrées précédemment.

- Le X80, format mis au point par Mitsubishi en enregistrement 2 pistes et depuis supplanté par le

Prodigy (PD). Le X80 n'est pas compatible avec le Prodigy qui existe de 2 à 32 pistes. Il n'y a pas de compatibilité possible entre les bandes enregistrées en 16 pistes et celles en 32 pistes. L'enregistrement en 20 bits par échantillon est possible sur la machine 2 pistes X86. Les formats DASH et Prodigy ne sont pas compatibles et pour information Mitsubishi Pro Audio a cessé son activité le 31 décembre 1992.

2. Les formats utilisant un adaptateur PCM associé à un enregistreur vidéo.

Ces formats EIAJ, 1630, JVC VP 900 sont en général utilisés en mastering et permettent l'enregistrement stéréo ; ils ne sont pas compatibles entre eux et des problèmes de compatibilité se posent au sein d'un même format selon la version de magnéscope utilisé (ex. : PAL ou NTSC dans le format EIAJ).

3. Les formats utilisant un bloc de têtes rotatives et une bande conditionnée en cassette.

En premier lieu, le DAT, format d'enregistrement stéréo qui évolue constamment ; seules les années à venir apporteront le recul pour

Format	Support	Temps d'enregistrement	Têtes magnétiques	Fréquence d'échantillon.	Bits/échantillon	Nb de de pistes
DASH	Bobines libres	65-180 mn	fixes	(32) 44,1 644,056) 48	16	2, 24, 48
Prodigy	Bobines libres	65-240 mn	fixes	44,1, 48, (96)	16-20	2, 16, 32 (64)
X80	Bobines libres	240 mn	fixes	50,4	16	stéréo
EIAJ	Betamax L750	195 mn	rotatives	44,056, 44,1	14, 16	stéréo
1630	U-Matic	75 mn	rotatives	44,056, 44,1	16	stéréo
JVC VP 900	U-Matic, VHS	120 mn (VHS)	rotatives	44,056, 44,1	16	stéréo
Nagra D	bobines libres	180, 360 mn	rotatives	(32) 44,1, 48	20 + 4	2, 4
R DAT	R DAT Tape	120 mn	rotatives	(32) 44,1, 48	16	stéréo
DMR8		20 mn	fixes	44,1, 48	20	8
ADAT	S-VHS	40 mn	rotatives	44,1, 48	16	8
DA 88	Hi-8	100 mn	rotatives	44,1, 48	16	8
ADAM	Vidéo 8, 60 mn	16,5 mn	rotatives	44,1, 48	16	12
DCC	DCC-Tape	2 x 45 mn	fixes	32, 44,1, 48	*	stéréo

\* équivalent selon Philips à 18 bits (PCM linéaire).

Tableau 1 : Les différents formats d'enregistrement Audio Numérique.

	DASH	Prodigi	X80	EIAJ	1630	JVC	Nagra D	RDAT	DMR8	ADAT	DA88	ADAM	DCC
DASH	X												
Prodigi		X											
X80			X										
EIAJ				X									
1630					X								
JVC						X							
Nagra D							X						
RDAT								X					
DMR8									X				
ADAT										X			
DA 88											X		
ADAM												X	
DCC													X

Tableau 2 : Compatibilité des formats d'enregistrement Audio-Numérique.

juger de la durée de vie des enregistrements. De toute façon, la diffusion de ce format en fait un vrai standard.

Les formats suivants : ADAM (Akai), ADAT (Alesis), DA88 (Tascam, voir photo 2) sont liés à des enregistreurs multipistes (de 8 à 12 pistes) utilisant des cassettes vidéo. Ils sont tous incompatibles entre eux mais ont le grand mérite (une fois n'est pas coutume) de ne pas revenir cher.

4. Un format utilisant des têtes rotatives et une bande sur bobine libre.

Il s'agit du Nagra D, un format conçu pour allier une extrême robustesse des enregistrements et la plus haute qualité audio (20+4 bits par échantillon) voir L'Audiophile n° 22.

5. Bloc de têtes fixes et une bande sur cassette.

L'enregistreur multipistes numérique DMR8 (Yamaha) sur cassette propre au constructeur permet 20 bits par échantillon (19 bits implémentés dans la réalité) et est compatible avec lui-même, ce qui est déjà bien.

Le DCC, format non professionnel, autorise, lui, l'enregistrement en stéréo et fait participer l'auditeur en exploitant les admirables propriétés de l'oreille humaine.



Fig. 1 : Enregistreur Numérique Sony au format DASH.

Ce panorama montre bien l'urgence d'un accord entre les constructeurs afin que les machines futures conçues pour remplir les mêmes fonctions n'adoptent qu'un format. Une bande magnétique est avant tout destinée à être transportée dans d'autres studios qui ne possèdent pas forcément chaque version de toutes les machines ! Encore nous limitons-nous ici aux formats sur bande magnétique : évoquer par le menu les multiples problèmes d'interfaçage entre ces différents formats nous mènerait

suffisamment loin sans qu'il faille en plus aborder l'épineux problème des stations de travail dont on trouve une cinquantaine de modèles (tous différents, rassurez-vous) sur le marché.

Une chose est sûre, pour l'instant, le nombre élevé de formats distincts rend toute compatibilité illusoire. En revanche, le transfert de données entre enregistreurs tend, lui, à se normaliser. Les interfaces sérieuses audionumériques, qu'elles soient bipistes (SPDIF, AES, EBU) ou multipistes (MADI, 56 canaux)

sont pour beaucoup dans le processus de normalisation. Encore faut-il que tous les constructeurs les installent.

## Le progrès et la réalité

Au cours des dix dernières années la plupart des grands studios ont, pour diverses raisons fait le choix d'un équipement numérique, principalement au format DASH. A tel point que le parc français atteignait en 1991 plus d'une soixantaine de machines, 24 et 48 pistes confondues. Au niveau mondial, ce format rencontre le même succès (plus de 1 000 machines vendues à ce jour), ce qui explique sans doute qu'en dehors des performances techniques, le DASH soit devenu pour beaucoup incontournable. Pourtant la solution analogique ne semble pas encore défunte. Avec l'apport du Dolby SR et hormis les problèmes de génération et de coût de bande, les performances sont tout à fait au goût du jour. C'est ainsi que d'une manière paradoxale on assiste depuis un ou deux ans à un regain d'intérêt pour les grosses configurations analogiques du type 24 pistes 2 p.+Dolby SR. De toute évidence et malgré des progrès fulgurants, dans le monde de l'enregistrement, la perfection n'est pas encore de mise.

Une étude comparative réalisée en 1989 aux USA par Bob Ludwig permet d'apprécier l'impact et l'accueil des technologies audio-numériques parmi les professionnels. Pour cette enquête Bob Ludwig a choisi de s'adresser uniquement aux studios de mastering et ce pour deux raisons : ces studios ont été les premiers à utiliser les technologies audio-numériques, les ingénieurs qui y travaillent ne sont pas itinérants et connaissent donc parfaitement leur matériel d'écoute et les locaux qui y sont associés.

Un questionnaire a été envoyé à 33 studios de mastering (USA et Canada) auquel 21 ont répondu. Cette étude représente en fait l'équivalent de 200 années-homme de

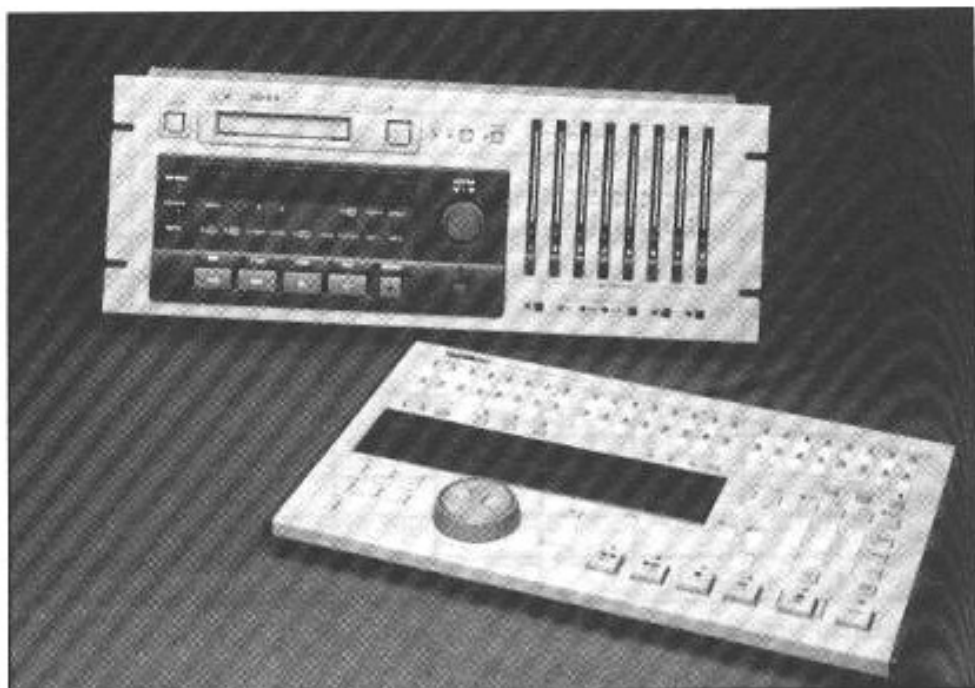


Fig. 2 : Enregistreur Numérique DA 88 Tascam.

travail avec les technologies audio-numériques. La diversité et le nombre de réponses ne permet pas une citation objective. Toutefois une des questions demandait de spécifier le format du master des albums réalisés pendant la deuxième semaine d'avril 1989 classé au "top pop album" ainsi que celui d'autres classements comportant un nombre de titres significatifs : le tableau 3 regroupe les informations en réponse à ces questions.

En dehors du fait que deux formats tiennent le haut du pavé (1630 et 1/2 pouce 76 cm/s) on voit clairement que les choix sont encore très divers : pratiquement tous les formats sont utilisés...

## Le traitement du signal analogique évolue-t-il ?

Un célèbre ingénieur du son américain, parlant de l'évolution des consoles de mixage, se déclarait en substance déçu des apports de la technologie moderne concernant un aspect fondamental : le son. L'évolution de ces machines appelle effectivement quelques commentaires. Si la chaîne audio se numérise de plus en plus, il ne faut pas oublier qu'une large part du

traitement de signal s'effectue encore en analogique : principalement le mixage qui, sauf exception notable, demeure "traditionnel". Sans pour autant, d'ailleurs, être un secteur figé : le design des consoles de mixage ne cesse d'évoluer. Allant dans le sens d'un accroissement des possibilités fonctionnelles : augmentation du nombre de voies, routing de plus en plus performant, automation. A titre d'exemple il n'est pas rare de trouver sur une console haut de gamme 72 entrées micro, le monitoring ad hoc (total : 144 entrées), une matrice d'affectation 48 pistes sur chaque tranche. 3 bus stéréo, une dizaine d'envois par tranche... la liste pourrait durer longtemps. Au final, quatre ou cinq mètres de long et plusieurs centaines de kilos d'électronique fort coûteuse. Ce gigantisme, s'il peut prêter à sourire n'en est pas moins le résultat d'une adaptation aux besoins des studios modernes. Besoins que nul ne conteste, mais cela, c'est le côté fonctionnel des choses. Qu'en est-il de l'aspect subjectif de la question ? Tout n'est bien sûr pas égal sous l'angle de la qualité audio ; il est clair que chaque constructeur possède ses propres caractéristiques sonores. Mais le plus surprenant est de voir

PERCENT IN EACH FORMAT:

TOP POP ALBUMS:			X-80/6	DAT	1630	DASH	JVC	1/4" 30	1/2" 30	1/2" 30SR	1/2" 15 A	1/2" 15 SR	1/2" 15
By Percentage:	Analog	Digital									Dolby		
Artisan	75	25			25				50			25	
Bernie Grundman	54	46	23		23			13.5	35.6	4.3			
Europadisk	50	50		10	40			15	35				
Frankford/Wayne	83	17			16.6				83.4				
Future Disc	90	10			10				90				
K-Disc Mastering	70	30											
Masterdisk	45	55	17.5	5	32.5			5	40			12.5	
Mastering Lab	100	0						12.5	62.5	12.5			
Precision Lacquer	75	25	6		19				75		20		
RCA	20	80			70	10							
Sterling Sound *	72	28	4'		24				72'				
HOT DANCE MUSIC													
Frankford/Wayne	86	14		14.3				14.3	57	14.3			
HOT BLACK SINGLES													
Bernie Grundman	69	31	24.8		6	1			69				
DigiPrep	100	0							100				
Europadisk	65	35											
Frankford/Wayne	87.5	12.5		12.5	12.5			12.5	50	12.5			
Fullersound	83.5	16.5		16.5				60	40				
COUNTRY LP													
Masterfonics	10	90	6			3	79		6				3
	(also 1 3M project)												
Mastering Lab	100	0							100				
COUNTRY SINGLES													
Masterfonics	7	93	10	2		2	71		7				
	(also 1 3M & 1 F-1 project)												

\* (STERLING note:) X80= 4%, X86 a big 0. There were a few DATs that contributed a mix here and there but no entire albums. All the analog was 1/2" but I couldn't get an accurate figure on SR.

Tableau 3 : Pourcentage de masters réalisés dans chaque format.

que certaines consoles anciennes - construites il y a une vingtaine d'années - sont encore très appréciées en raison, justement, de leur qualité sonore ! Que penser de cette apparente contradiction ? Que le son des consoles n'a pas progressé autant que leur nombre de tranches, ou que la mode est aux machines "vintage" ? Examinons plus en détail de quelle façon a évolué le design en la matière depuis vingt ans.

En ce qui concerne la commutation du signal audio, la disparition progressive des relais au profit des commutations actives (FET) a permis dans une large mesure de réduire à la fois l'encombrement et les coûts de production. Quand on sait que sur une grande console les points de commutation se comptent par milliers et que le rapport de

prix entre un FET et un relais est approximativement de un à dix, on comprend aisément le choix de la majorité des constructeurs. Le revers de la médaille est connu : une légère perte de qualité surtout quand un nombre important de commutations est présent sur le trajet du signal. Cette dégradation se traduit par une remontée du bruit de fond et de la distorsion causée par l'absence de séparation totale entre la modulation et la tension de commande du transistor. Les relais, eux, ne présentent pas ces inconvénients mais leur coût les rend de plus en plus rares. A ce propos, il faut citer l'exemple - unique sur le marché actuel - des consoles Focusrite, dans lesquelles la totalité des fonctions de commutation audio est assurée par des relais dont les contacts sont dorés et scellés

sous gaz inerte, afin d'assurer à la fois qualité et fiabilité. Ce type de design va à l'encontre du compromis adopté de nos jours par les constructeurs, qui privilégie les possibilités d'exploitation et, de ce fait, ne permet pas toujours, pour un prix donné, d'offrir des performances sonores maximums. Ainsi l'utilisation d'amplificateurs à gain commandé en tension, si elle permet une gestion informatisée à moindre coût des réglages de gain n'en est pas moins soumise aux mêmes inconvénients que les commutations actives par FET en terme de qualité sonore. Mais là encore, la solution la plus performante (potentiomètre motorisé) est aussi la plus chère.

Quant à la part d'électronique purement consacrée au traitement de signal, si l'on peut dire quelle

détermine en grande partie le son d'une console, il faut tout de même remarquer que les résultats subjectifs ne dépendent pas uniquement de la technologie employée. Des notions de qualité, de savoir-faire entrent en ligne de compte : tolérance plus ou moins serrée des composants, dessin et fabrication des circuits imprimés, qualité des liaisons, de la connectique mais aussi de la réalisation mécanique. Bien sûr les technologies en usage actuellement sont dans bien des cas fort différentes de ce que l'on trouvait il y a 20 ans. Mais il serait naïf de ne voir dans ces évolutions qu'une recherche de perfection sonore.

Ainsi pour un constructeur s'affranchir des transformateurs d'entrée ou de sortie au nom d'une transparence sonore accrue est un argument qui sonne un peu faux.

Il existe, certes, d'excellents étages d'entrée sans transformateur, cependant un étage d'entrée ou de sortie à transformateur est tout aussi performant et procure une séparation galvanique au seul détriment de son coût.

Un fabricant ne peut en effet négliger les demandes d'un marché plus souvent avide de nouvelles possibilités fonctionnelles que de qualité sonore à tout prix. C'est pourquoi dans le domaine des circuits analogiques évolution ne rime pas toujours (pas souvent ?) avec progrès, au moins sur des notions aussi importantes que la diaphonie, le bruit de fond ou la réserve dynamique. On sait par exemple que le bruit ramené à l'entrée d'une excellente console actuelle est typiquement autour de -130 dB pondéré : la différence avec certaines machines prestigieuses en usage dans les années 70 n'est guère sensible. Il en va de même pour la réserve dynamique avant saturation qui, elle, tend carrément à diminuer. Alors qu'autrefois, elle atteignait jusqu'à 20 ou 30 dB, on rencontre aujourd'hui des consoles haut de gamme limitées à 10 dB de

réserve avant saturation par rapport au niveau d'entrée choisi.

De même, il y aurait beaucoup à dire sur les bruits propres respectifs des étages à technologie discrète et de ceux à ampli op. On constate que dans le premier cas le bruit est généralement très "étalé" alors qu'avec des amplis op le bruit est différent, plus pointu à l'écoute et de fait réparti de façon différente sur la bande audio. Ce phénomène est en grande partie responsable du peu de différence entre une mesure pondérée et une mesure non pondérée sur certains circuits à transistors. Un circuit hybride, en revanche, mesuré avec ou sans filtre psophométrique donnera des résultats parfois très dissemblables. Il faudrait s'interroger sur la curieuse tendance qui consiste pour un constructeur à ne publier que des mesures pondérées...

## Les leçons du passé

On comprend dès lors l'intérêt des professionnels pour des machines conçues selon des critères classiques. C'est justement parce que l'âge d'or de ce type d'électronique semble révolu que quelques sociétés avisées, ayant compris les carences du design ac-

tuel, tentent de proposer des solutions. Ceci principalement dans des secteurs où les meilleures réalisations ne sont pas forcément les plus récentes, à savoir les préamplis micro, les égaliseurs et parfois les processeurs de dynamique (limiteur/compresseur). L'exemple qui suit est significatif : en Angleterre existe une société (TLA) qui reconstruit à partir d'étages d'entrée d'anciennes consoles Neve, des préamplis correcteurs en rack 19" (voir photos 3 et 4). Un simple regard sur ce matériel suffit à comprendre qu'il serait très difficile actuellement de produire de tels circuits à des coûts réalistes. A ceci de nombreuses raisons parmi lesquelles il faut retenir le nombre de circuits imprimés, le prix des commutateurs rotatifs, des transformateurs, le temps de câblage élevé...

Au final une conception et une mise en œuvre des circuits extrêmement sophistiquées qui tendent avant tout à obtenir la meilleure qualité possible de traitement du signal.

En définitive le monde professionnel n'a pas la liberté des audiophiles, qui se tournent vers des technologies presque centenaires -

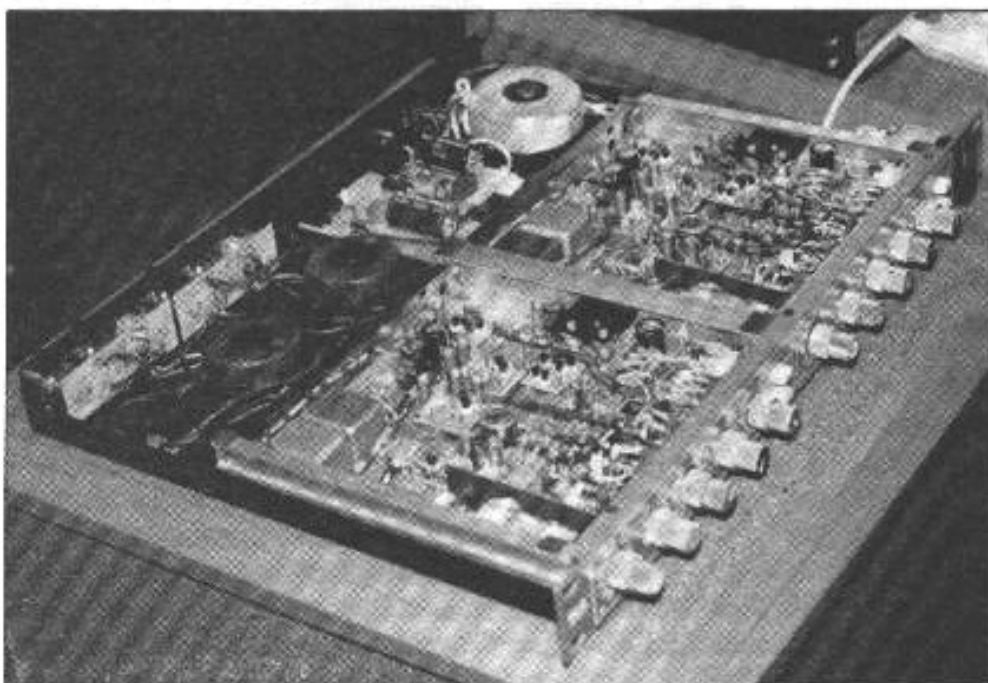


Fig. 3 : Préampli correcteur Neve.



le tube - sur la seule foi de leur perception auditive. D'autant plus qu'il n'est pas question d'ignorer les progrès accomplis grâce au numérique. Il n'y a qu'en matière de traitement analogique que l'on peut encore, à juste titre, penser qu'une solution quelconque n'est pas forcément obsolète, dès lors qu'elle n'est plus viable économiquement. On pourrait dire en schématisant à l'extrême qu'au fond, le matériel analogique se juge encore "à l'oreille". L'estimation de la qualité sonore, même assistée de mesures, repose sur des facteurs qualitatifs, somme toute d'ordre esthétique et qui sont propres à chaque auditeur. Ces critères risquent bien de perdre leur pertinence quant à l'industrie audionumérique. C'est que, paradoxalement, le débat dans les prochaines années ne se situera plus sur le terrain des performances audibles, globalement satisfaisantes en numérique mais bien plutôt sur le terrain de l'ergonomie. C'est-à-dire sur la question délicate du choix de l'interface homme/machine : en informatique, même appliquée à l'audio, plus l'outil est puissant, plus les moyens de l'utiliser efficacement sont difficiles à définir.

## Bibliographie

- Digital Audio Operation, Francis Rumsay, Focal Press, 1991
- A Benchmark For Digital Audio In The Real World Of 1989, Bob Ludwig. The Proceeding Of The AES 7th International Conference, 1989.
- Stationary Head Digital Recording : Progress And Directions, Roger Lagadec, ibid.

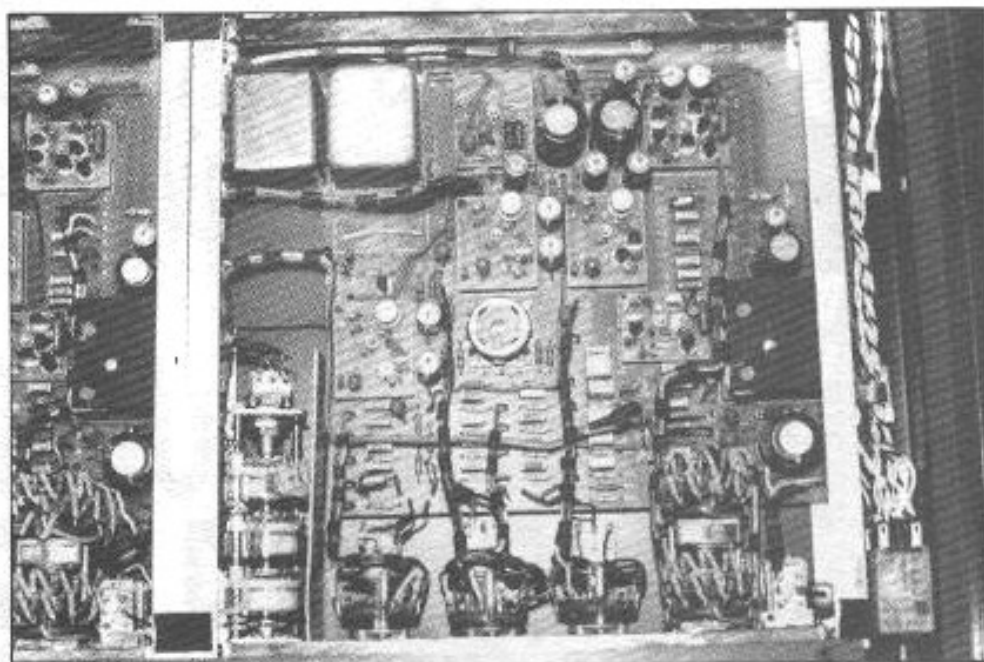


Fig. 4 : Vue interne du préampli Neve.

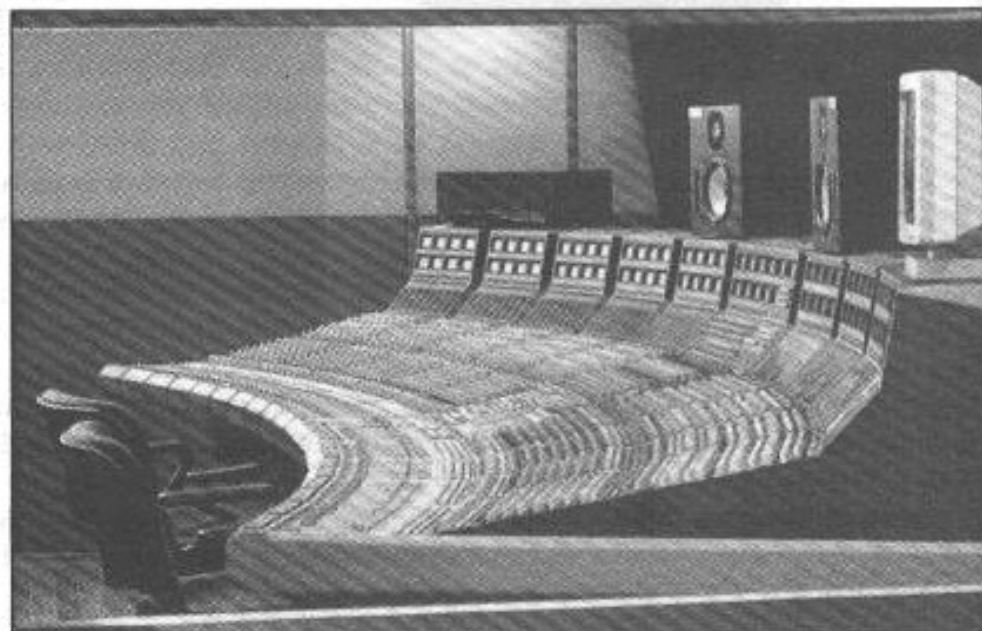


Fig. 5 : Console de studio Focusrite.

**Page non  
disponible**

# - Améliorer les éléments de votre système HiFi -

## LE TUNING, MODE D'EMPLOI

Philippe David



*Le tuning est l'art de modifier sa chaîne Haute-Fidélité, de l'améliorer en apportant des solutions techniques souvent aux antipodes de la rentabilité chère (sans jeu de mots) aux industriels qui doivent tenir compte d'une pléthore de paramètres économiques dont l'audiophile se moque bien...*

S'il est vrai, comme le déclarait récemment un professionnel de la distribution audio haut de gamme, que le plaisir n'a pas de prix, ce plaisir est tout de même limité au budget que l'audiophile peut allouer à sa passion, et le tuning est une alternative intéressante, car ce peut être une solution d'attente avant de changer de matériel, ou aussi une passionnante quête de l'absolu qui n'aura pas de fin, le mieux étant, dit-on, l'ennemi du bien.

Le mieux, en ce qui nous concerne, est d'exposer les règles fondamentales du tuning, et ensuite de l'illustrer au moyen d'un exemple parfaitement représentatif. Le cheminement intellectuel qui a engendré le tuning, tout comme les solutions apportées, pourront être déclinés à volonté par l'audiophile désireux de transcender les performances de son installation Haute-Fidélité pour une mise de fonds généralement très raisonnable.

### Les règles fondamentales

Avant tout, il faut choisir un appareil d'un bon niveau de qualité de départ en évitant le bas de gamme, par trop limité : installeriez-vous un turbo sur une 2CV ?

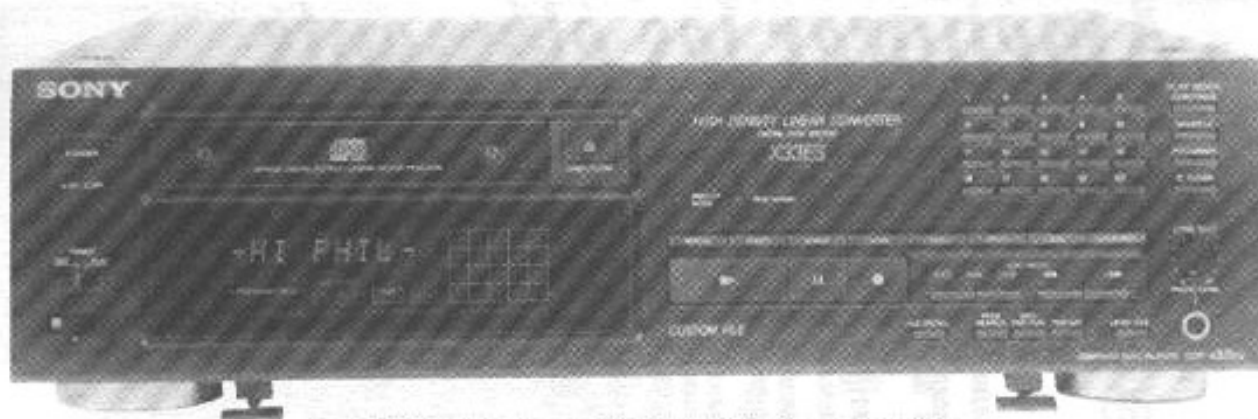
Ensuite, il est indispensable d'acquiescer, s'il n'est pas fourni avec la notice d'utilisation, le schéma électronique et les éclatés mécaniques, s'il y a lieu : ceci offre la possibilité de se familiariser sans peine et à tête reposée avec les différents sous-ensembles, sans pour autant devoir tout démonter à chaque fois que l'on a une idée, et bien sûr sans se priver d'écouter de la musique, ce qui tombe sous le sens. L'examen de ce précieux document diminue le risque d'erreur d'interprétation, car il est toujours plus facile de lire un schéma que de suivre les pistes sur un circuit imprimé.

Un petit sondage du marché, réalisé à la lecture de la presse spécia-

lisée, ou lors de visites dans les auditoriums ou chez les revendeurs de composants d'exception (ce sont parfois les mêmes...), permet d'orienter la réflexion et de se créer une ligne conductrice qui ordonnera les différentes étapes du tuning.

La "quête de l'absolu" doit être accompagnée de résultats d'écoute positifs, faute de quoi la réalisation qui en a découlé devient superfétatoire : en matière de tuning, la satisfaction intellectuelle pure est vaine si la restitution sonore ne présente aucune amélioration.

Toute réalisation personnelle de cet ordre ne doit pas se départir d'un soin de tous les instants, tant dans les choix que dans l'exécution pratique. Il n'est pas faux de dire que toute modification doit être réversible, donc en rapport avec tant une rigueur irréprochable, que le loisir de faire machine arrière si l'on a fait fausse route.



Le CDPX33ES sur ses pointes et plaques en carbonne.

Le facteur-temps n'a aucune importance, se hâter ne sert à rien dans ce domaine, d'autant plus que l'écoute après modification doit s'effectuer de manière itérative, car un bon test sur une plage musicale peut être décevant sur une autre, enregistrée différemment.

Il est aussi préférable d'attendre la fin de la garantie pour effectuer des modifications car, si une panne survient durant cette période, l'assurance pièces et main d'oeuvre est frappée de plein droit de caducité, dans la grande majorité des cas, même si cette défaillance n'a rien à voir avec les transformations réalisées. Ici encore, la prudence et la patience sont de mise.

## Le choix : Un lecteur CD

SONY a sorti voici quelques années un lecteur de disques compacts intéressant à plus d'un titre : il s'agissait du CDP X33 ES, vendu aux alentours de 4 700 F, c'était, à l'époque, le premier d'une gamme de trois modèles baptisée à juste titre Excellent Series, et le seul à exister, au prix de quelques modifications, (dont la référence : CDP 2700), en version professionnelle.

SONY, à l'inverse de certaines marques concurrentes, reste avare de données techniques sur le mode de fonctionnement de ses lecteurs de CD, et il a fallu acheter le manuel d'entretien pour obtenir de plus amples informations.

Ainsi, le CDP X33 ES possède un filtre à suréchantillonnage fonctionnant sur 45bit à 64Fs et un convertisseur quadruple one bit, opérant en mode différentiel à une vites-

se de 45MHz. Chaque partie du convertisseur est alimentée et découplée séparément, au moyen d'une régulation en composants discrets. Un examen rapide de ses liaisons avec les étages de sorties laisse à penser que les conversions courant/tension sont effectuées en interne.

Au niveau mécanique, il bénéficie, comme tous les ES, du châssis "Gibraltar" anti-vibrations, et d'un poids total de 10 kg. L'ergonomie n'est pas en reste, (afficheur commutable etc...), offre tout ce que l'on peut espérer et plus encore (fade numérique, peak search...), son maniement est simple, malgré la bagatelle de 49 touches plus un potentiomètre motorisé, sans compter la télécommande. Quant aux performances, elles sont époustouflantes : de 2Hz à 20KHz à un demi-dB près, gamme dynamique supérieure à 100dB, Rapport signal/bruit de 113 dB, séparation gauche-droite de 110dB, distorsion inférieure à 0,0020%, tout contribue, chiffres et choix des composants, à la restitution sonore d'une grande musicalité, et c'est le cas...

Mais il est possible d'aller bien au-delà, de découpler les performances sonores de ce lecteur en lui apportant des améliorations sur des points particulièrement sensibles :

## Le tuning du SONY CDP X33 ES

### I- L'alimentation :

L'étude du schéma montre que ce lecteur est équipé d'un filtre-sectionneur et d'un seul transformateur multi-enroulements, de deux ponts de diodes, de condensateurs élec-

trochimiques de très haute qualité, suivis de régulateurs séparés pour le numérique (+5V) et pour l'analogique (+12V), tous quatre très convenablement découplés. Ainsi, ces deux sections

sont presque indé-

pendantes, mais il est parfaitement possible de réaliser une alimentation idéale, sans concession, et ce à peu de frais :

Le découplage direct des deux ponts constitue un bon début : des condensateurs céramiques de 47nF seront soudés directement aux bornes des diodes du côté des pistes, ceci tendant à rendre l'alimentation encore plus silencieuse : on peut le vérifier visuellement sur un oscilloscope, et auditivement sur des plages de CD sans modulation.

Ensuite, la séparation totale de l'analogique et du numérique s'impose, afin d'éviter toute interférence, tant parasite qu'énergétique : le transformateur alimentant le laser, le moteur d'entraînement du disque et aussi le moteur linéaire à asservissement numérique du chariot laser, assez gourmands, ne peuvent, dans de bonnes conditions théoriques, alimenter la partie analogique sans que celle-ci ne subisse des pertes face aux appels en courant importants exigés par le numérique associé à la mécanique : Un deuxième transformateur, torique, cette fois, choisi pour son très faible rayonnement et sa puissance dans un encombrement raisonnable, sera fixé sur la platine du transfo principal, qui est pourvue, d'origine, de quatre silent-blocks et d'une pointe de découplage acoustique. Le torique, dévolu exclusivement à la partie analogique, doit être câblé en phase avec l'autre transformateur. Une écoute, à partir de la prise casque incorporée, permet de trouver sans difficulté le bon sens de branchement du primaire du torique, reconnaissable à la fermeté du registre grave.

L'impédance de l'alimentation peut être aussi abaissée, ceci améliorant sa réponse transitoire dans les appels de courant, et tous les audiophiles sont du même avis : Cela améliore grandement l'écoute.

DXE, société française, fabrique des régulateurs positifs, ajustables, en boîtier TO220, les VR337, à multitours incorporé, au brochage compatible aux 78XX, et présentant une impédance de sorties d'un milliohm et demi, ce qui est tout à fait remarquable. Mais que faire pour les régulateurs négatifs devant remplacer les 79XX ? Ils ne figuraient pas au catalogue, et un simple appel téléphonique chez DXE a permis de résoudre le problème : il est possible de réaliser les VR437 à la demande, ce qui fut fait. Pas de problème pour les régulateurs de 5Volts : le négatif se soude nu, le positif se retrouve dans le dissipateur laissé vacant par son prédécesseur. Les deux autres, alimentant la section analogique, nécessitent plus de soins : ils chauffent beaucoup, il faut donc les installer dans des radiateurs identiques au grand modèle équipant le remplaçant du 7805. Une attention toute particulière s'impose pour l'isolation électrique du régulateur négatif de l'analogique, car le dissipateur étant soudé à la masse du circuit et le boîtier du VR 437 correspondant à l'entrée, il convient de l'isoler au moyen d'un kit pour TO220, ceci évite donc tout court-circuit. Les multitours permettent d'ajuster les tensions avec précision, elles sont donc parfaitement symétriques, l'offset devient négligeable.

L'appel de courant, beaucoup plus important à l'allumage du lecteur, nécessite la revue à la hausse de la valeur du fusible secteur.

Nous avons donc réalisé deux alimentations indépendantes, à faible bruit et faible impédance, le nec plus ultra, compte tenu de la faible dépense et de la simplicité de la modification qui n'entraîne pas de gros travaux.

## 2- L'électronique de la partie analogique :

La section numérique, étant au dessus de tout soupçon, montre que

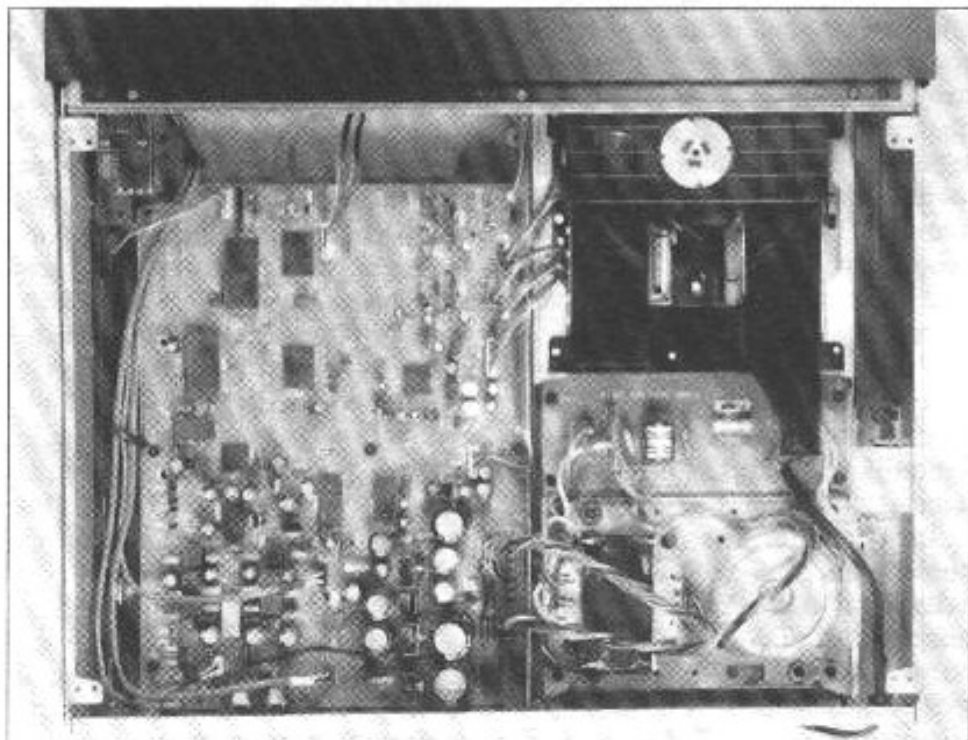
SONY possède plusieurs longueurs d'avance sur bien des concurrents, qui se trouvent dans des tranches de prix très supérieures. De plus, toute modification dans ce domaine serait particulièrement ardue, du fait de la grande complexité des circuits.

La partie analogique présente deux points majeurs sur lesquels il est possible d'intervenir, dans un souci de retranscription fidèle des détails et de la musicalité:

1- Les amplificateurs opérationnels d'origine sont des 5532 qui réunissent dans le même boîtier deux amplis-op de caractéristiques satisfaisantes, mis à part un faible slew-rate, de 9V par microseconde, très nettement insuffisant devant la charge capacitive de 100uF par canal destinée à éliminer la composante continue en sortie. En effet, tout condensateur de forte capacité en série sur la sortie d'un ampli-opérationnel fait chuter son slew-rate. Mais il n'est pas possible de le supprimer, pour cause de bruits de commutation très audibles lorsque l'on agit sur les commandes du lecteur. Il faut donc augmenter le slew-rate: les quatre 5532, retirés, sont remplacés par des supports-tulipe à contacts or, de façon à pouvoir tester un grand nombre de DIL 8 broches sans rien abîmer en soudant et dessoudant

sans cesse. Après une bonne demi-douzaine d'essais, le choix s'est porté sur un amplificateur opérationnel de très haute musicalité, présentant des caractéristiques techniques hors du commun, tel que les très faibles niveaux de bruit de fond et de distorsion (inférieure à 0,0001%) et un slew-rate de 75V par microseconde : les ANALOG DEVICES AD 746 BQ, les deux dernières lettres indiquant une version triée. Ce produit n'étant pas disponible en France, il a fallu l'importer de Suisse où ANALOG DEVICES possède des entrepôts importants. A l'écoute, on est tout de suite surpris par la transparence, la dynamique qui n'est plus limitée par les diodes de protection à l'entrée des 5532, et l'abondance de micro-informations jusque-là étouffées, l'aisance avec laquelle le lecteur reproduit parfaitement le contenu musical des disques : il ne les lit pas les CD, il les joue, avec une chaleur très analogique.

2- Quatre éléments résistifs se trouvent en série sur le trajet du signal, et il est étonnant de constater que le son change beaucoup en fonction des différents modèles de résistances. De longues écoutes itératives ont permis de mettre en valeur la grande qualité des WELWYN



De G à D : les transformateurs, les quatre régulateurs, les étages analogiques et le contrepois au fond du coffret.

MAR42, non-inductives et d'une tolérance de 0,1%. La série MAR 42 se caractérise par l'emploi de films métalliques et par la totale indépendance de la valeur du composant vis-à-vis des écarts de température.

### 3- L'isolation électrique

Pour éviter tout risque de rayonnement du transformateur d'origine sur la carte de conversion, une plaque de cuivre a été fixée sur l'entretoise séparant la mécanique de lecture et les transformateurs, d'avec le convertisseur. Cette plaque a été découpée au moyen de ruban adhésif plastique traité à la crème antistatique Peter BELT. Cet Anglais a une philosophie commerciale très originale: il ne prend pas le temps d'expliquer le pourquoi du comment il en est venu à développer ce type de produit, il dit simplement: "Vous essayez, vous écoutez, si ça marche, vous achetez, sinon, laissez tomber." Derrière cette apparente désinvolture se cache une certitude: ça marche, nous l'avons constaté: le traitement est simple, il suffit de passer de la crème sur chaque composant, et le tour est joué. De nombreux fabricants ont réalisé des études sur les problèmes liés aux phénomènes antistatiques sur les cartes audio et audionumériques, et ont démontré leur influence néfaste sur la restitution sonore. Le traitement antistatique donne un son plus nuancé dans les pleins et les déliés, la sécheresse que l'on peut rencontrer dans l'extrême-aigu sur les lecteurs de CD laisse place à une douceur et une définition à la fois très analytique et très musicale, le contenu sonore semble avoir été dégraisé d'une sorte de flou, difficilement décelable au premier abord, car on ne s'en rend compte qu'après coup, lorsqu'il a été supprimé par le traitement.

Le rayonnement des circuits numériques peut être aussi relégué à des valeurs négligeables, et ceci est important à tel point qu'un certain nombre de marques ont déjà adopté la feuille de cuivre collée sur les circuits rayonnants. Toujours dans notre quête philosophique de l'absolu, il a paru intéressant de blinder les

circuits numériques au moyen d'une feuille de cuivre de 0,5mm d'épaisseur, découpée aux dimensions de chaque pavé, ainsi que de protéger de la même manière les autres circuits des rayonnements parasites qui pourraient subsister...

### 4- L'isolation mécanique

Le meilleur moyen d'évacuer les vibrations sur tout solide statique et sur un appareil haute-fidélité en particulier, est de le faire reposer sur trois cônes métalliques que l'on trouve dans certaines officines spécialisées, ainsi que dans la plupart des auditoriums. Afin de ne pas détériorer l'étagère, ou l'élément de chaîne supportant un appareil sur trois pointes, et aussi pour mieux convertir l'énergie indésirable en chaleur, trois petites plaques de carbone doivent être disposées sous les cônes. Cette combinaison permet une excellente définition dans le grave qui peut, suivant l'installation, perdre un embonpoint désagréable, en gagnant en vitesse et en légèreté, et une ouverture dans le registre médium qu'aucun autre artifice ne peut apporter, tant la métamorphose est flagrante et singulièrement agréable à l'écoute.

Cependant, il existe une autre solution pour améliorer l'isolation mécanique: augmenter la masse; d'un poids de 10kg, le SONY CDP X33 ES modifié est instable sur son trépied cône: la mécanique de lecture et les transformateurs sont fixés sur la partie gauche du coffret, alors que la partie droite ne supporte que la carte électronique principale, beaucoup plus légère de deux kg environ, compte tenu des nombreuses entretoises qui raidissent le châssis. Deux ferrures de portail, bronzées noir, seront boulonnées, le plus bas possible dans le coffret, le long du côté droit, pour équilibrer les masses; des vis de fort diamètre à tête fraisée sont utilisées afin de ne pas créer de surépaisseur empêchant la remise en place du couvercle en forme de U inversé. Ainsi lesté, le lecteur a retrouvé sa stabilité en gagnant les deux précieux kilogrammes qui lui faisaient défaut. L'équilibre des masses est primor-

dial pour obtenir de bons résultats sur trois pointes.

La mécanique d'entraînement du CD est étudiée pour limiter fortement l'influence des vibrations de toutes sortes, grâce à sa masse imposante, aux matériaux utilisés et à sa fixation suspendue. L'ajout d'un plateau a été imaginé, mais la complexité de la mécanique l'interdit, à moins d'usiner un palet-presseur spécifique, ce qui sort du cadre de cette réalisation "pour tous". Mais tout n'est pas perdu, car Peter BELT propose un disque en plastique traité, destiné à combattre les effets pernicioeux de l'électricité statique, partant du fait que le CD est un disque en plastique qui tourne en subissant des frottements dans l'air, qui est un autre diélectrique. Le CD se charge, et les microdécharges peuvent affecter la précision du laser ainsi parasité. Cette explication s'accompagne aussi de considérations acoustiques, puisqu'une bonne partie des vibrations inhérentes à la rotation du CD sont supprimées par l'entremise du disque antistatique, de densité et d'élasticité différentes, qui se place sur le disque compact à lire.

L'écoute d'un CD (aux flancs passés au feutre de gouache verte), surmonté du disque Peter BELT, apporte à profusion la finesse recherchée des fréquences aiguës, en retrouvant le filé et le soyeux de la prise de son originale, et une assise remarquable dans le grave, profond et très détaillé. C'est le complément idéal des modifications effectuées...

La satisfaction d'un tuning réussi, dont, ici, le coût total reste inférieur à deux mille francs, s'accompagne d'une question à laquelle il est très difficile de répondre:

Est-il préférable de s'arrêter à ce stade de modifications, ou bien faut-il continuer, en changeant, par exemple, les résistances de contre-réaction, ainsi que l'a suggéré un audiophile compétent, et, pourquoi pas, remplacer les condensateurs non-polarisés de la section audio par des RODERSTEIN et/ou des WIMA au polypropylène?

La question reste entière... et... passionnante.