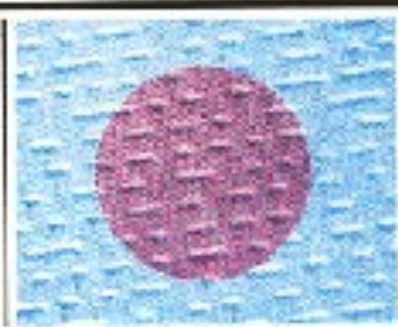


N° 13 NOUVELLE SÉRIE 14^e ANNÉE

HAUTE FIDÉLITÉ PLUS !

PANORAMA 25 SOURCES NUMÉRIQUES



LES MUSES D'OR à l'intégré JH 30



- **MUSIQUE CLASSIQUE**

l'embaras du choix... ou grandeur et misère d'une sélection

- **JAZZ**
de la trompette

- *Nouvelles* **TECHNOLOGIES** : La supraconductivité
- **MUSEE IMAGINAIRE** :
Préamplificateur JBL SG 520E
- **REALISATION** : Amplificateur hybride Abtine
- **QUOI DE NEUF ?**
Audio Fair de Tokyo
- **THEORIE** :
Sans communes mesures !

M 2569 - 13 - 55,00 F - RD

**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**

Quoi de neuf?

39^e AUDIO FAIR DE TOKYO NOUVEAU DEPART DU DAT

Jean Hiraga



L'Audio Fair de Tokyo est une manifestation qui attire chaque année des milliers de visiteurs. Près de 80 exposants s'étaient réunis à cette occasion entre le 10 et le 14 octobre derniers pour présenter leurs dernières nouveautés, de leurs « nouveautés en DAT » pour parler plus précisément d'une vingtaine de modèles proposés par treize grands industriels de la haute fidélité.

20 ans déjà

Il y a vingt ans, les premiers enregistreurs professionnels PCM se présentaient sous la forme de grands racks et valaient plus d'un million de francs. En 1982, le premier prototype de magnétocassette était présenté au public. En juin 1983, 70 firmes se réunissaient pour tenter de normaliser le format DAT, ce qui fut fait en 1985. En 1986, l'Audio Fair de Tokyo présentait les premiers prototypes d'appareils DAT dont la commercialisation ne s'amorça qu'en début 87.

Un grand espoir

Une qualité sonore « trop bonne » a été, comme on le sait, un argument de poids que les

éditeurs ont utilisé pour bloquer la vente du DAT. Le prix élevé des premières générations de magnétocassettes DAT s'est ajouté à ce problème de droits d'auteurs, de possibilité de piratage sans perte de qualité sonore et a fortement limité les ventes. Le premier système anti-piratage proposé manquait beaucoup d'intérêt car la copie en numérique (liaison CD-DAT) d'un disque CD était impossible. Le nouveau système, plus sophistiqué est beaucoup plus intéressant car il protège de façon très efficace l'éditeur contre les risques de piratage tout en laissant à l'utilisateur la possibilité de profiter pleinement des capacités de l'enregistrement audionumérique. Baptisé SCMS (Serial Copy Management System), encore

nouveau, on l'assimile en général à un procédé qui permet de n'effectuer qu'une seule copie à partir de la sortie numérique d'un lecteur CD. Pour plus de détails, on pourra se référer à la figure 1. Si l'on dispose d'un lecteur CD pourvu de deux sorties, les sorties analogiques et la sortie numérique (coaxiale ou optique), deux types de copies sont possibles sur magnétocassette DAT. La copie à partir de la sortie analogique ne posera aucun problème et il sera même possible d'effectuer une seconde génération en liaison numérique directe si l'on dispose d'un second magnétocassette DAT. Cependant, une troisième génération de cassette ne sera possible qu'à partir d'une sortie analogique. La « protection » con-

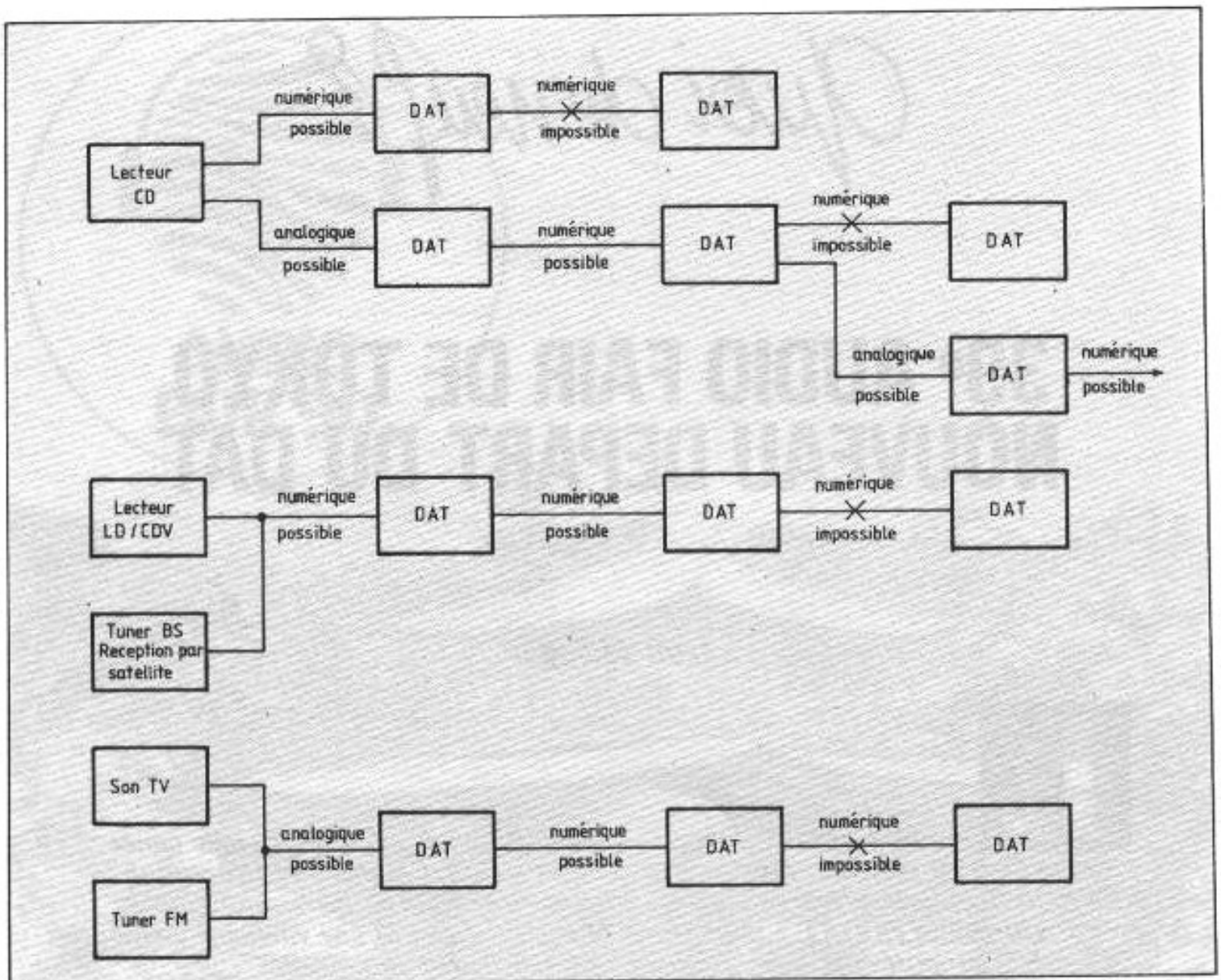


Fig. 1 : Principe du système de protection des sources, SCMS (Serial Copy Management System). La possibilité pour l'utilisateur de réaliser une première copie à partir d'un signal numérique lui permet de profiter pleinement des capacités du DAT.

siste donc à rendre obligatoire le passage par une conversion N/A puis de nouveau par une autre conversion A/N pour qu'il soit possible de créer une seconde génération de bande. La répétition de ce processus finit en principe par introduire une perte de qualité et réduit les risques de piratage. Si la source est un lecteur LD ou un tuner BS à réception par satellite, la copie sur DAT à partir de la sortie numérique sera possible non pas une fois mais deux fois. En effet, une troisième génération de bande ne pourra être effectuée qu'à partir d'un signal analogique. Le système de protection SCMS s'applique aussi aux autres sour-

ces analogiques comme le tuner FM ou le son TV dès l'instant où l'on tente de faire une seconde génération de bande à partir d'un signal numérique (voir figure 1).

Rappelons très brièvement que la cassette DAT mesure $72 \times 53 \times 10$ mm et qu'il existe des modèles de 46, 60, 90 et de 120 minutes. La bande, de très haute qualité, est protégée par un cache escamotable. Elle mesure 3,81 mm de large. Des marges sont prévues sur les bords de la bande, ce qui conduit à une largeur utile de 2,613 mm. La tête rotative produit un défilement linéaire de 3,133 m/seconde. Les pistes inclinées et contiguës ont

13,591 μ m de large et une longueur de 23,501 mm. Le défilement de la bande est lent, soit 8,15 mm/s seulement. En mode normal, sous une fréquence d'échantillonnage de 48 kHz, la durée maximum d'enregistrement est de 120 minutes (enregistrement numérique, réception satellite mode B, source analogique courante). En mode Option I, la fréquence d'échantillonnage est de 32 kHz, la durée maximum d'enregistrement identique soit 120 minutes (réception satellite mode B, enregistrement numérique). En mode Option II et en 32 kHz (échantillonnage), le codage passe en 12 bits non linéaires (au lieu de 16 bits linéai-

res) et la durée maximum d'enregistrement atteint 240 minutes (réception satellite mode A, enregistrement numérique longue durée, sources analogiques). L'enregistrement de disques CD à la même fréquence d'échantillonnage, soit 44,1 kHz, 16 bits linéaires, est possible. Un cinquième mode, réservé à la lecture (appelé Wide Track) s'utilise selon le mode 44,1 kHz/16 bits linéaires et assure une durée maximale de lecture de 80 minutes. Il semble utile de faire un bref rappel des possibilités des magnétocassettes DAT :

- indicateur de crête de niveau (calibrage du niveau d'enregistrement) ;
- fondu de début et de fin d'enregistrement ;
- recherche de la fin enregistrée ;
- fondu en début ou en fin d'enregistrement ;
- appel direct des plages par claviers à chiffres.

DAT : plus de 20 nouveaux modèles

Au Japon, l'Audio Fair est toujours une très bonne occasion

pour montrer ce que l'on peut faire de mieux, pour attirer la clientèle et certainement aussi pour tâter le terrain en vue de la conquête de nouveaux marchés. Le « truc » classique consiste à présenter fièrement une ou plusieurs nouveautés et à indiquer de façon plus discrète qu'il s'agit d'un prototype dont le prix et la date de sortie ne sont pas encore établis. En octobre 1986, plusieurs prototypes de magnétocassettes DAT furent présentés à l'Audio Fair (entre autres Aiwa, Technics, Luxman, Sony). Une partie d'entre eux fut commer-

- entrée numérique (coaxiale ou optique) ;
- sortie numérique (utilisation d'un convertisseur N/A séparé) ;
- affichage de la durée totale d'enregistrement. Possibilité, selon les modèles, de retirer les blancs entre les enregistrements ;
- affichage, selon les modèles, de la durée totale des enregistrements présélectionnés ;
- affichage temps écoulé, temps restant ;
- numérotage des plages dans l'ordre ou dans un ordre différent ;
- tables de matières avec titres des plages (sur certains modèles) ;
- avance/retour rapide. Peut atteindre, selon les modèles, jusqu'à 400 fois la vitesse de défilement normale. Dans ces conditions, une bande de 2 heures, soit 7 200 secondes peut être lue en intégralité en l'espace de 18 secondes seulement ;
- lecture successive du début de chaque plage ;
- saut avant/arrière (début de plage) ;
- recherche avant/arrière rapide (vitesse fixe, variable ou par paliers, selon les modèles) ;
- répétition ;
- mémoire ;
- remise en place automatique de la bande dans la cassette après 2 heures d'attente ;
- muting (silencieux momentané d'enregistrement), sur certains modèles ;



Casio : DA-7.



Denon : DTR-EX.



Denon : DTR-2000G.



Fostex : D-20.



Hitachi : DAT-5000.

cialisée à des prix peu compétitifs bien que justifiés. A présent, tous les industriels semblent être prêts pour relancer le DAT avec les mêmes espoirs de réussite que ceux du Compact Disc. De gros efforts ont été réalisés du côté des prix sans que l'on sous-entende par là un phénomène de « dumping ». En effet, la vulgarisation des caméscopes (qui utilisent des têtes rotatives de conception proche), des circuits imprimés à haute densité (composants de surface) pour lecteurs CD portables devraient participer à un développement très rapide du DAT sans les énormes investissements que durent affronter le format Compact Disc. Il en résulte une baisse très sensible des prix de la grande majorité des nouveautés présentes au dernier salon. Le prix compétitif, l'avantage du système de protection SCMS pourraient avoir pour conséquence de faire regretter à une clientèle (peu nombreuse fort heureusement) l'achat des premiers appareils DAT. Les dates officielles de commercialisation de ces appareils se sont étalées (au Japon) entre la mi-juin (JVC, Aiwa, Hitachi) et début novembre 1990 (autres constructeurs). Comme on devait s'y attendre, ces produits se sont subdivisés en plusieurs catégories, à savoir :

- versions semi-professionnelles ;
- versions de salon ;
- versions midi de salon ;
- versions portables.

Pour les versions portables, Aiwa, Sony font partie de ceux qui ont décidé de commercialiser très vite des modèles très compacts. Le dernier né, le Sony TCD-D3 (l'un des clous de la manifestation Sony World de Paris) ne mesure que 85,2×40×120 mm et pèse seulement 630 g, batterie comprise (voir photo page suivante).

Deux autres versions seront à ajouter très prochainement aux précédentes, à savoir :

— versions pour voiture (genre Sony DTX 10) ;

— versions portables fonctionnant uniquement en lecture (baladeurs) dont le prix pourrait devenir très compétitif dans les quelques années à venir.

L'avantage présenté par ces dernières versions est qu'un prix très bas n'aura pas d'influence sur les performances, ce qui n'est pas le cas des baladeurs de bas de gamme. Il semble toutefois peu probable que l'on atteigne, du moins d'ici les deux années à venir, des prix inférieurs à 2 000 F, compte tenu de la technologie mise en œuvre. Au Japon et selon les versions, les prix se situent actuellement entre 77 000 yens et 130 000 yens (3 200 et 5 400 F environ) et la moyenne se situe vers 4 500 F (110 000 yens). Les modèles disponibles actuellement au Japon sont :

— Aiwa : HD-S1 (version portable, dimensions 18,8 × 9,5 × 3,8 cm, 880 g piles comprises) ;

— Casio : DA-7 (version portable) ;

— Denon : DTR 100P (version portable - présentation très proche de celle du Casio DA-7, 24,3 × 4,5 × 15,8 cm, 1,5 kg) ; DTR-2000 G (version de salon, 47 × 12,2 × 32 cm, 8,5 kg) ; DTR-ES (version de salon) ;

— Fostex : D-20 (version de salon) ;

— Hitachi : DAT 88 (version portable) ; DAT-5000 (version de salon) ;

— JVC : XD-Z505 (version de salon, 43,5 × 13,5 × 32,6 cm, 7 kg) ; XD-Z707 (version de salon, 43,5 × 13,5 × 36,2 cm, 8,3 kg) ; XD-Z909 (version de salon de haut de gamme, mêmes dimensions que version précédente, entrée micro, poids 11,1 kg) ;

— Nakamichi : 1000, 1000P (version de salon de très haut de gamme) ;

— Kenwood : DX-7030 (version de salon) ;

— Onkyo : DT-9000 (version de salon) ;

— Pioneer : prototype de salon (sans référence) ;

— Sanyo : DRD-O2 (version de salon) ;

— Sansui : S-V7 (version de salon), 36 × 9,5 × 33,5 cm, 6 kg) ;

— Sharp : RX-P1 (version portable) ;

— Sony : DTC-55 ES (version de salon) ; DTC-77 ES (version de salon, 4 têtes) ; DTC-1500 ES (haut de gamme, version de salon, 4 têtes) ; TCD-D10 (version portable) ; TCD-D3 (version portable) ; DTX-10 (version pour voiture) ;

— Teac : R-10 (version de salon) ;



JVC : XD-Z709.



Teac : R-10.



Technics/Panasonic : SV-DA 10-A.



Yamaha : DTR 2.



*Fig. 2 :
Walkman
DAT Sony
TCD-D3.
Il
fonctionne
en enregist-
rement et
en lecture,
mesure
85,2 x 40
x 120 mm
et pèse
630 g,
batterie
comprise.*

mis. Il devrait rassurer les éditeurs de musique enregistrée, satisfaire les exigences des consommateurs et éviter au DAT tout nouveau risque de boycottage. L'écueil des prix devrait lui aussi s'effacer progressivement au cours des années à venir. Il ne faut cependant pas perdre de vue le fait que la mécanique de transport de bande est de technologie beaucoup plus évoluée que celle d'un magnétocassette et que la même remarque pourrait être faite pour la cassette DAT dont la bande est d'une qualité exceptionnelle (et d'un prix conséquent). A ce niveau, l'intérêt principal du DAT est qu'il rend possible l'enregistrement à très haute densité, d'où une économie de surface de bande non négligeable.

Au Japon, le prix des cassettes DAT, dont la durée et les modèles se sont alignés sur ceux des cassettes audio courantes, a sensiblement baissé et correspond sensiblement à celui des premières cassettes au chrome. Le DAT détient donc des chances de succès identiques à celles du format Compact Disc mais avec des petits désavantages : il ne pourra, du moins dans les prochaines années, remplacer la cassette audio courante et restera, en raison de son principe, d'un prix sensiblement plus élevé. Il prendra donc place au sein de la chaîne hi-fi en tant que nouvelle source, sauf peut-être pour les systèmes plus évolués. Les chances de succès commercial semblent cependant nettement plus grandes que celles des magnétophones à bande de haute qualité pour applications domestiques pour les raisons que l'on connaît : la miniaturisation, les performances et les possibilités de baisse des coûts de revient. Le format DAT semble d'autre part, et de loin, le format le mieux adapté aux appareils portables et pour voiture. Ces deux types d'appareils vont sans doute se développer très rapidement dans les mois à venir.

— Technics/Panasonic : SV-DA 10-A (version de salon) ;
— Yamaha : DTR-2 (version de salon).

Ceci porte à environ 26 le nombre d'appareils parmi lesquels se trouvent quelques versions moins récentes sur lesquelles il a été ajouté le procédé SCMS. Une partie de ces appareils exposés à l'Audio Fair de Tokyo sont représentés sur les deux pages précédentes.

A noter que toutes les références citées ne seront pas forcément exportées et que les versions export sont parfois rebaptisées sous d'autres références.

Au cours de cette manifestation qui attire chaque année plusieurs dizaines de milliers de visiteurs ont eu lieu plusieurs conférences consacrées au DAT. Celle du 12 octobre, présentée par

M. Ishida, critique réputé, était consacrée à l'écoute comparative des nouveaux modèles présents au salon.

On peut, en forme de conclusion, dire que les risques de piratage conséquents à la possibilité de multiplicité des copies sans perte de qualité existaient sur les premières générations de magnétocassettes DAT. Ce risque a servi d'argument pour protéger provisoirement les marchés de plusieurs pays. Il en a résulté un phénomène d'hésitation. La commercialisation en petite série d'appareils de prix relativement élevé dont le système de protection anti-copie ne présentait pas grand intérêt pour le public et la copie d'un disque CD à partir d'un signal numérique était impossible. Le procédé SCMS est donc un excellent compro-

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

LA SUPRACONDUCTIVITE

Haute température

Jean-Paul Biberian

E

n mars 1987, une équipe de recherche américaine de l'Université de Houston au Texas, dirigée par le professeur Chu, annonçait qu'elle venait de découvrir un matériau supraconducteur à -183°C . Ces travaux faisaient suite à des résultats nouveaux obtenus par l'équipe Müller-Bednorz du laboratoire IBM de Zurich en Suisse, qui obtinrent le prix Nobel de physique cette même année. Cette nouvelle fit l'effet d'un ouragan dans les milieux scientifiques de toute la planète.

A la réunion de l'American Physical Society de mars 87, c'est un véritable happening qui se produit. La salle de 1 200 places de l'hôtel Hilton de New York est prise d'assaut par 3 000 personnes ! Pour le commun des mortels, cela ne signifiait pas grand chose, mais pour de nombreux scientifiques, c'était un mythe qui venait de disparaître.

Dans cet article, nous allons voir l'importance de la supraconductivité et ses développements récents. Nous essayerons également de percevoir des applications possibles en audio.

La conductibilité électrique

Avant de comprendre la supraconductivité, nous allons analyser le problème de la conductibilité et donc de la résistance électrique. La conduction du courant électrique dans un conducteur est un phénomène complexe, mais nous allons le

simplifier pour comprendre les causes essentielles de la résistance d'un conducteur au passage d'un courant.

En première approximation, dans un conducteur métallique, ce sont les électrons libres, d'ailleurs appelés électrons de conduction qui assurent le passage du courant électrique. On sait maintenant que le courant élec-

trique se propage à la vitesse de la lumière mais les électrons se déplacent à une vitesse bien plus faible. Les électrons sont attirés par la différence de potentiel aux bornes du conducteur et le champ électrique ainsi créé les accélère. Puisque le champ est constant, l'accélération est constante et, en conséquence, la vitesse des électrons pourrait

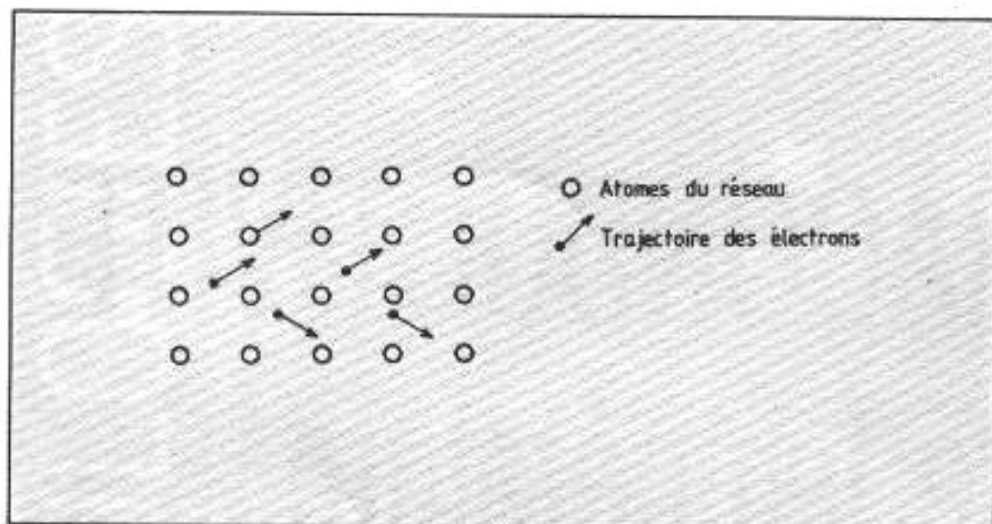


Fig. 1 : Le frottement des électrons s'accompagne de chaleur, c'est la loi de Joule.

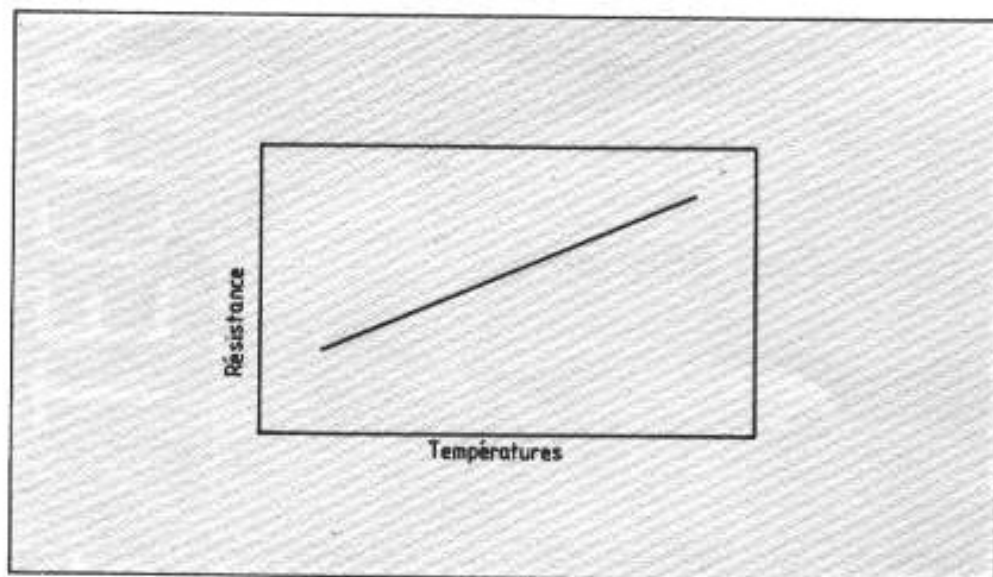


Fig. 2 : La résistance d'un conducteur augmente avec la température.

devenir infinie ou au moins très grande. Cela ne se produit pas, d'une part la théorie de la relativité interdit les vitesses supérieures à celle de la lumière mais, dans les cas habituels, cet effet est négligeable et, d'autre part, les chocs entre électrons limitent cette vitesse. C'est un phénomène de frottement analogue à celui des gouttes de pluie qui sont freinées par l'atmosphère et qui atteignent une vitesse limite quelle que soit l'altitude d'où tombe la pluie. Ce frottement produit de la chaleur, c'est ce que l'on appelle la loi de Joule. La figure 1 décrit ce phénomène.

L'effet Joule est utile dans de nombreux cas pratiques, chaque fois que l'on veut utiliser un effet thermique. Par contre, il est

gênant dans d'autres applications : transport électrique, bobine pour réaliser des champs magnétiques intenses, etc. Pour pallier ce problème, on utilise des matériaux les plus conducteurs possibles, par exemple du cuivre. Par ailleurs, la résistivité d'un matériau varie avec la température. Pour les conducteurs, elle augmente avec la température. Le filament d'une lampe à incandescence ou d'un tube électronique a une plus faible résistance à froid avant la mise en route qu'à chaud après utilisation. La puissance dissipée dans une résistance étant inversement proportionnelle à la résistance, à froid la puissance dissipée est beaucoup plus grande, ce qui est une source de risque de sur-

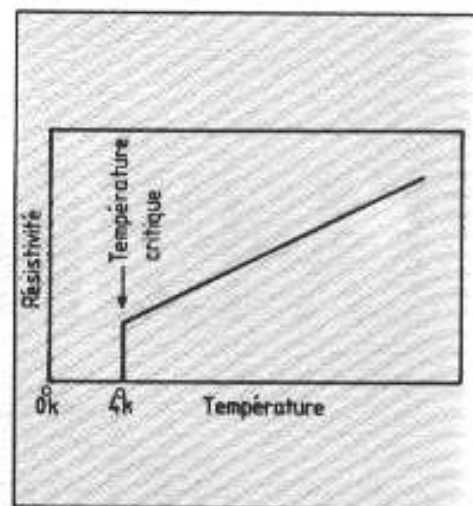


Fig. 3 : Dans le cas du mercure, la résistivité devient nulle à 0° K.

chauffe momentanée à l'allumage. Une lampe ou un tube s'utilisera donc beaucoup plus si les marches/arrêts sont fréquents. D'ailleurs, nous avons tous l'expérience de lampes qui grilent à la mise en marche. C'est une raison de plus de ne pas éteindre les amplis à tubes ! La figure 2 montre la dépendance de la résistivité d'un conducteur en fonction de la température.

La découverte de la supraconductivité basse température

Nous venons de voir que la résistivité électrique variait avec la température. En 1911, H.K. Onnes traçait cette courbe pour le mercure et il s'aperçut que brutalement la résistivité devenait nulle vers 4° Kelvin, c'est à dire 4 degrés absolus, soit -269° C. La figure 3 montre cette courbe de variation de la résistivité.

C'était une découverte absolument surprenante et inexplicable avec les théories de l'époque. On découvrit que ce phénomène était général et de nombreux métaux avaient un comportement semblable. Si on faisait circuler un courant dans une boucle fermée, celui-ci tournait indéfiniment sans décroître ! Cet effet était fabuleux mais présentait un très grave inconvénient : c'est qu'il nécessitait des très basses

températures correspondant à celle de l'hélium liquide. C'étaient donc des techniques très lourdes à mettre en œuvre. Néanmoins, au cours des années, les techniques des basses températures se sont sensiblement améliorées et on a été capable de trouver des applications essentiellement pour la création de champs magnétiques puissants. Par exemple, à Cadarache est installée une machine de fusion contrôlée équipée d'aimants supraconducteurs. Les Allemands et les Japonais travaillent sur des trains à suspension magnétique dont les champs magnétiques sont créés par des bobines supraconductrices refroidies à l'hélium liquide.

Finalement, ce n'est que dans les années 60 que trois physiciens américains, Bardeen, Cooper et Schrieffer ont développé une théorie permettant, avec l'aide de la mécanique quantique, de comprendre la supraconductivité. Dans leur théorie, connue depuis comme le modèle BCR, ils expliquent la formation de paires d'électrons qui, étant dans un état quantique différent, n'interagissent plus les uns avec les autres. Tout cela paraît un peu mystérieux car la mécanique quantique n'a pas d'équivalent dans notre monde habituel. Cependant, déjà dans un atome les électrons restent séparés les uns des autres sans interaction et tournent sans fin autour du noyau. Les chocs entre électrons ne sont donc pas inévitables.

Pendant de nombreuses années, on s'est penché sur le problème de la température critique à laquelle un matériau devient supraconducteur et de nombreux alliages ont été essayés. Mais ce n'est que très lentement que celle-ci a évolué. Jusqu'au début des années 80, on dépassait à peine les 20° K. D'ailleurs, plusieurs théories prédisaient que la limite maximale était peu élevée ! Cela découragea de nombreuses équi-

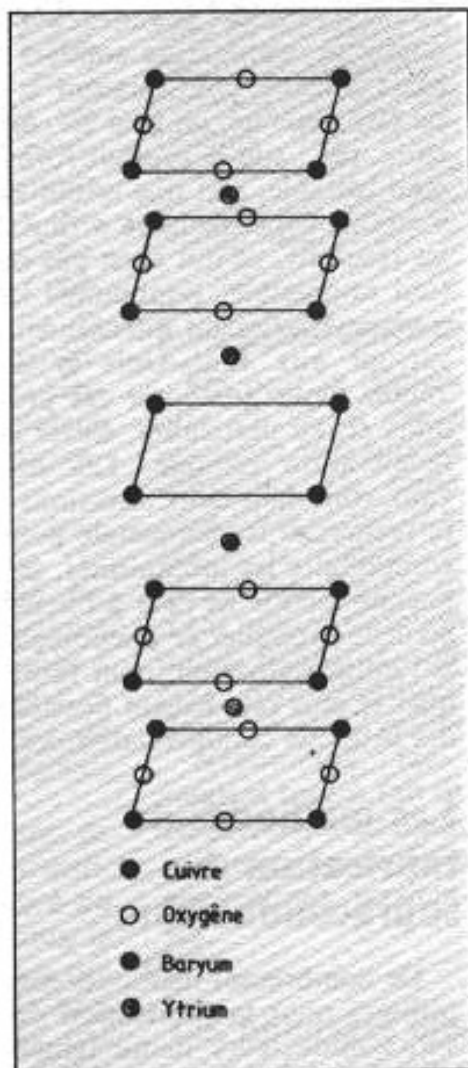


Fig. 4 : Structure cristalline des nouveaux composés supraconducteurs.

pes et peu de gens travaillaient au début des années 80 sur la supraconductivité. C'était devenu un sujet technologique de fabrication de conducteurs de bonne qualité refroidis à l'hélium liquide et plus tellement un sujet de recherche fondamentale. Pourtant, le rêve de nombreuses personnes était de trouver des matériaux supraconducteurs à la température ambiante ou au moins à 77° K (-196° C), la température de l'azote liquide beaucoup plus facile à réaliser industriellement.

La découverte de la supraconductivité haute température

Les choses semblaient en rester là lorsque, en mars 86, Müller

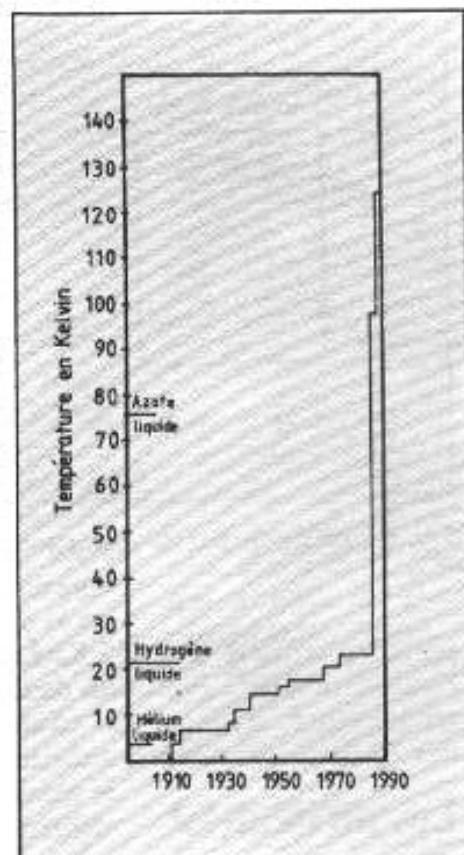


Fig. 5 : Evolution de la température critique depuis le début du siècle.

et Bednorz essayèrent des nouveaux matériaux découverts par une équipe française de Caen dirigée par Bernard Raveau. C'étaient des oxydes, donc a priori des isolants et ces nouveaux composés présentaient des signes de supraconductivité aux environs de 35° K. C'était un progrès important, d'autant plus que c'était une nouvelle catégorie de composés. De nouvelles potentialités étaient ouvertes. Un an plus tard, C.W. Chu fabriqua un supraconducteur ayant une température critique de 90° K, c'est à dire au dessus des 77° K de la température de l'azote liquide. Ce matériau de composition YBa_2Cu_3O est un oxyde d'yttrium, de baryum et de cuivre. Sa structure cristalline est montrée sur la figure 4. Elle est composée de feuillets de cuivre et d'oxygène.

Depuis, des améliorations ont été apportées et on sait maintenant fabriquer des composés à base de thallium ayant une tem-

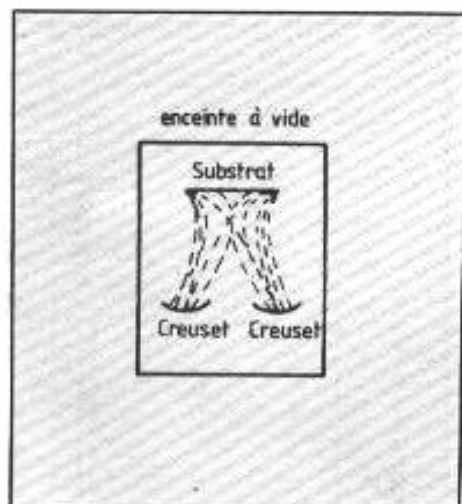


Fig. 6 : La technique du dépôt sous vide.

température critique de 125° K. La figure 5 montre l'évolution de la température critique au cours des 70 dernières années.

Les difficultés

Ce qu'il y a de surprenant avec ces nouveaux supraconducteurs haute température, c'est leur facilité de fabrication. On n'a pas besoin de gros équipements, c'est un produit réalisable dans sa cuisine. Cependant, entre l'expérience de laboratoire et le produit industriel, le chemin est long. De nombreux laboratoires publics et privés se sont jetés sur ce sujet d'étude tant sont importantes les applications potentielles. Mais ce matériau présente le grave inconvénient d'être très fragile. C'est une céramique, donc très cassant et on ne peut pas directement en fabriquer des fils. On s'est donc orienté vers le dépôt d'un film très mince, de quelques microns d'épaisseur, sur un ruban métallique (comme l'argent). On sait depuis peu fabriquer des fils de plusieurs mètres de long laissant passer des courants importants.

Bien que la reproductibilité de fabrication de l'YBaCuO soit très grande, plusieurs laboratoires ont signalé des résultats non reproductibles de températures de transition beaucoup plus élevées avec d'autres compositions.

Plusieurs équipes pensaient avoir atteint la température ambiante. Mais aucune confirmation n'a pu être obtenue, on peut en conclure que : soit le produit formé était instable, soit une erreur de méthode expérimentale a faussé les résultats, ce qui n'est pas du tout impossible. Néanmoins les travaux continuent intensément, surtout aux Etats-Unis et au Japon, pour améliorer ces produits et, en particulier, élever la température critique. Les travaux vont dans deux directions : la recherche fondamentale pour comprendre les mécanismes, car aucune théorie ne peut à l'heure actuelle expliquer ce phénomène et l'industrialisation, pour fabriquer le plus rapidement possible des produits commercialisables.

Les méthodes de fabrication des supraconducteurs

De nombreuses méthodes sont utilisées pour la fabrication des supraconducteurs haute température. Le moyen le plus simple est celui utilisé aux origines de leur découverte où les différents constituants sont mélangés ensemble, puis mis sous pression. Des recuits sous oxygène à haute température sont ensuite nécessaires pour que le matériau devienne semiconducteur. Cette technique a le gros avantage de la facilité de réalisation mais présente le grave défaut de produire des matériaux très peu souples. On ne peut pas facilement les transformer en fils nécessaires à de nombreuses applications.

On s'est orienté vers d'autres technologies telles que le dépôt sous vide qui permet de faire évaporer séparément les différents constituants à partir de creusets. Cette technique « propre » autorise un contrôle excellent de la composition du produit final. La figure 6 montre le schéma d'un tel appareillage. Evidemment, cela n'autorise que la formation

de films très minces de quelques μm d'épaisseur. Néanmoins, cette méthode permet la réalisation de couches sur substrat métalliques souples. Il est à noter que dans le domaine de la supraconductivité, un métal même bon conducteur est isolant en comparaison de la couche supraconductrice.

D'autres techniques sont étudiées qui ressemblent à cette dernière, en particulier la pulvérisation laser, où un faisceau laser pulvérise sous vide le matériau qui se dépose sur un substrat.

Les applications de la supraconductivité

La supraconductivité, quelle soit à haute ou à basse température, a de nombreuses applications. On pense évidemment en premier lieu au transport de l'électricité qui coûte 10 % de pertes, c'est à dire pour la France seule l'équivalent d'une dizaine de centrales nucléaires ! Evidemment refroidir des câbles électriques sur des milliers de kilomètres à la température de l'hélium liquide et même à la température de l'azote liquide, est quasi impossible.

Un autre point important est celui du stockage de l'électricité qui est une des grandes difficultés actuelles car il est difficile d'adapter la production à la consommation. Or, avec un système de bobines supraconductrices, on peut faire tourner presque indéfiniment du courant alternatif que l'on réutilise au moment du besoin. Avec des matériaux supras à haute température, cela devient tout à fait réalisable car il est facile d'obtenir la température de l'azote liquide.

La fabrication de moteurs électriques pourrait être aussi grandement facilitée par l'utilisation de matériaux supras haute température. Des prototypes ont déjà été réalisés.

Les trains à sustentation magnétique sont un autre

domaine très important, Allemands et Japonais ont déjà réalisé des prototypes refroidis à l'hélium liquide. L'arrivée des supra haute température pourrait révolutionner les transports de l'avenir, surtout sur les distances moyennes. Cette technologie pourrait utiliser la propriété des supraconducteurs de repousser les champs magnétiques. C'est l'expérience bien connue maintenant de l'aimant qui flotte au dessus d'un supraconducteur.

Les applications légères sont déjà en cours de réalisation. On trouve déjà sur le marché des détecteurs de champ magnétique faible, appelés Squid, refroidis à l'hélium ou à l'azote liquide. Ces détecteurs ont déjà permis de faire une cartographie magnétique du cerveau.

IBM a travaillé pendant de nombreuses années sur les ordinateurs fonctionnant grâce à un effet quantique connu sous le nom d'« effet Josephson » qui permet par effet tunnel le passage de courant à travers une barrière isolante très mince. Cette société avait arrêté les travaux peu de temps avant la découverte des nouveaux matériaux. Ces travaux ont maintenant repris principalement au Japon. On devrait, avec cette technologie, réaliser des ordinateurs extrêmement rapides.

Les convertisseurs analogiques-numériques très rapides sont aussi une autre application importante.

On envisage également la fabrication de réseaux de détec-

teurs infra-rouges permettant de faire de l'imagerie IR.

Enfin, la propriété des supraconducteurs de repousser les champs magnétiques pourrait dans un avenir prochain permettre de créer des enceintes sans champ magnétique.

Les applications audio

On peut se demander à juste titre s'il existe des applications pratiques de la supraconductivité en audio. De toute évidence, dans l'état actuel de nos connaissances, la réponse est non. Bien que l'azote liquide soit couramment utilisée en laboratoire et en milieu industriel, son emploi est très problématique dans le domaine grand public.

Néanmoins, les conditions seraient tout à fait différentes si on arrivait à atteindre la température ambiante. Dans ce cas, les applications seraient nombreuses.

Les blindages magnétiques

Nous vivons dans un environnement électromagnétique intense, en particulier le 50 Hz est présent partout. On peut envisager des coffrets protégeant entièrement l'électronique du parasitage électromagnétique externe.

Les transformateurs

Les bobinages des transformateurs peuvent être fabriqués à partir de fils supraconducteurs, ce qui limiterait énormément

l'échauffement, surtout pour les amplis fonctionnant en classe A.

Les haut-parleurs

On peut sérieusement envisager la fabrication de bobines supraconductrices pour les haut-parleurs. L'aimant permanent pourrait être aussi remplacé par un bobinage. Ce qui se traduirait par un gain important de poids.

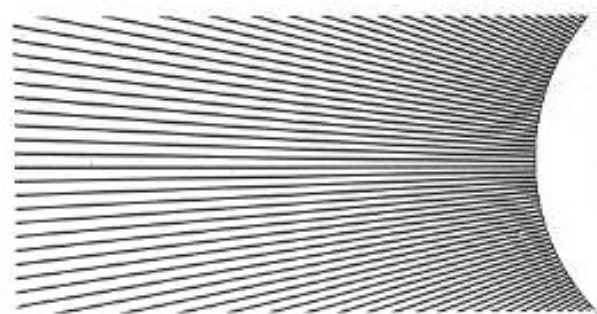
Les câbles

Un câble sans résistivité serait probablement idéal, puisque tous les phénomènes parasites sont dus à la structure du fil, ce qui a pour effet de créer des composants passifs indésirables sur la ligne. La suppression de la résistance du fil devrait les faire disparaître pratiquement tous.

Conclusion

Nous venons de voir que la découverte récente de la supraconductivité était un phénomène d'un intérêt capital. Il est probable que, dès le début du siècle prochain, des applications pratiques verront le jour. Si l'évolution ne se fait pas rapidement vers des températures de transition plus élevées, il est quasi certain qu'elles se limiteront aux domaines scientifiques et industriels. Par contre, s'il est possible de réaliser des supraconducteurs à haute température, alors les applications grand public deviennent innombrables et les conséquences pour l'audio seront certainement très importantes et, sans aucun doute, les premières mises en œuvre.

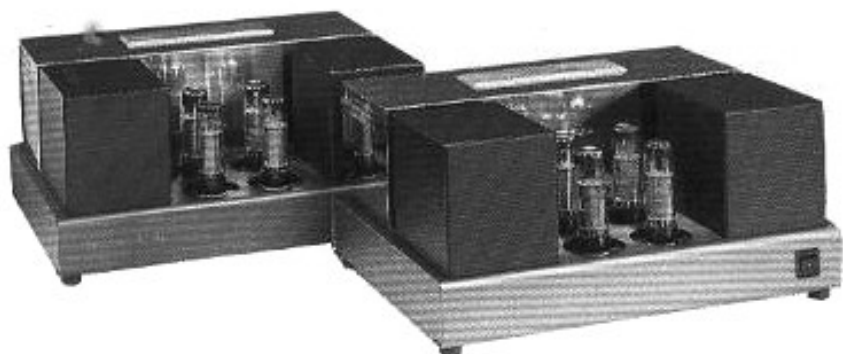
ABONNEZ-VOUS A L'AUDIOPHILE
HAUTE FIDELITE PLUS!



QU

Marantz Série 22

Ces nouveaux « petits » Marantz ne mesurent que 25 cm de large pour 8,5 cm de hauteur et 21,5 cm de profondeur. Ce système est composé d'un préamplificateur et de deux blocs mono de 60 W chacun. Ils concentrent une technologie de pointe. Ainsi le préampli est réellement adapté aux sources numériques avec un filtre passe-bas à l'entrée et des transformateurs d'isolation en sortie. Le silence de fonctionnement de ces électroniques est extraordinaire (123 dB de rapport signal/bruit !). Pour arriver à ce résultat, le transformateur d'alimentation de chaque unité de puissance est littéralement suspendu complètement découplé du châssis qui, lui-même, oppose une formidable inertie par son poids. L'écoute hyper naturelle et transparente a été pour nous une révélation. L'une des grandes nouveautés de cette fin d'année.



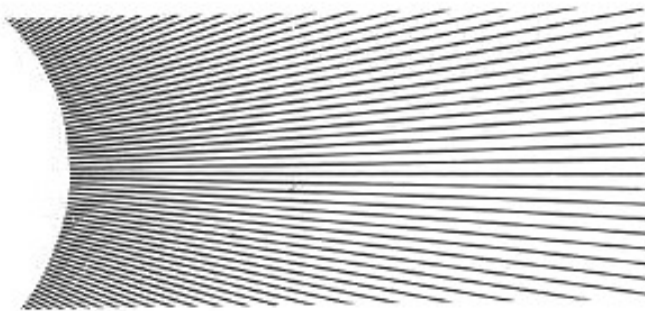
Nouveautés Lectron

La firme Lectron élargit sa gamme d'électroniques à tubes avec la sortie d'un préampli ligne PA 50 et d'un ampli de puissance monophonique JH 80.

Le préampli PA 50 est une unité à tubes utilisable avec des sources haut niveau (CD, DAT, tuner...). Pour les inconditionnels du disque noir, il existe le module RIAA MC 30 adaptable sur ce préampli. Les alimentations et les circuits des deux canaux sont entièrement indépendants et mieux... une entrée directe est prévue avec sa propre section préamplificatrice ! La finesse et la dynamique de la restitution récompensent l'attente de ceux, nombreux, qui possèdent déjà un ampli JH 50.

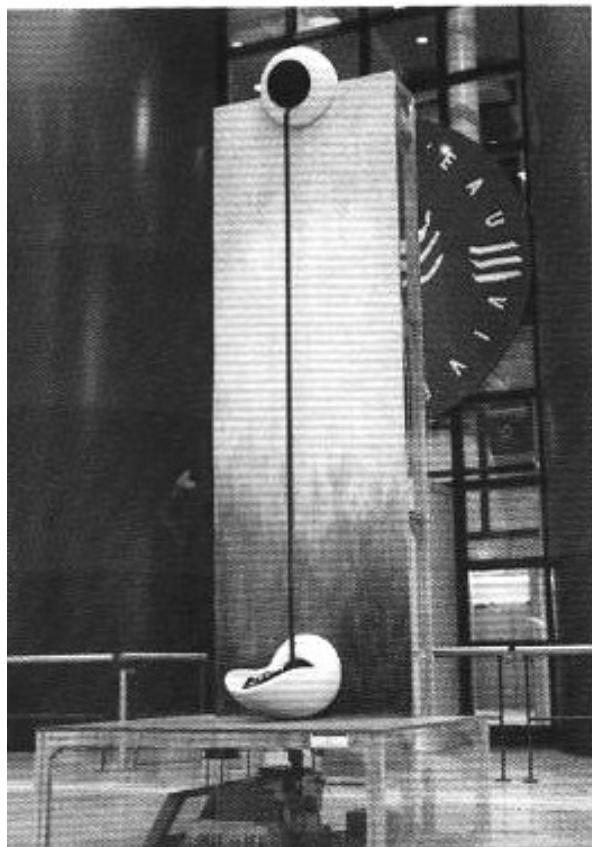
Les amplis JH 80 utilisent un double push pull EL 34 en schéma hybride. La qualité des composants, de la fabrication ainsi que les possibilités offertes (entrées symétriques et asymétriques, sorties HP 1, 4, 8 et 16 Ω) font de ces blocs mono des pur-sang électroniques dont les performances musicales sont à la hauteur des moyens utilisés...

ID



Télécommande universelle Technics SH-B 500

Voici la télécommande anti-stress des radio-vidéo-maniaques ! Avec la diversité des sources et des électroniques télécommandables que les fabricants mettent à notre disposition, fleurit un nombre de plus en plus grand de petits boîtiers de télécommande trop spécifiques. Un lecteur laser, CDV, voire deux magnétoscopes, téléviseur, sans parler de l'amplificateur « audio-visuel », il faut s'appeler Shiva pour s'en sortir. Ou faire appel à la télécommande universelle Technics SH-B 500. Ses microprocesseurs, ses mémoires et ses différents capteurs et émetteurs infra-rouges permettent de stocker tous les signaux en provenance d'une autre télécommande quelle que soit son origine. 59 touches permettent d'appeler 9 programmes différents, c'est-à-dire n'importe quel appareil, et de gérer ses différentes fonctions de la même manière qu'une télécommande classique. D'usage très aisé grâce à ses touches accessibles et clairement référencées avec son afficheur à cristaux liquides, la SH-B 500 devient rapidement indispensable pour la télécommande de tout système audio.



Vu à la Cité des Sciences.

Une œuvre originale de M. Miller Levy est exposée jusqu'en mars 91 dans le hall de la Cité des Sciences de la Villette. Il s'agit d'une « fontaine magnétique » qui utilise du matériel audio pour reproduire le son d'une chute d'eau en intégrant les appareils de façon à renforcer l'illusion sonore par un visuel se rapprochant de la... source ! Le support 2 pistes 1 pouce, visualisant l'eau, défile verticalement en boucle fermée à travers les haut-parleurs grâce à un ancien magnétophone Tolana (matériel utilisé en aviation dans les années 50). L'enregistrement lui-même intègre un savant mélange de bruits blancs et naturels, comme ceux d'une rivière ou d'un glacier dans une grotte. La reproduction est confiée à deux enceintes boule et conque développées dans les années 60 par le célèbre acousticien Joseph Léon. L'interface est assurée par un ampli Lectron JH 30 bien connu des audiophiles. L'intégration audio et visuelle est parfaitement réussie et cet ensemble, tournant en moyenne huit heures par jour, constitue un exemple de fiabilité pour le matériel utilisé. Cette œuvre sera ensuite intégrée à la collection Explora de la Cité... Une visite s'impose !

LES MUSES D'OR



à
l'intégré
LECTRON JH 30

Gérard Chrétien



La technologie tube suscite l'intérêt d'un nombre grandissant d'audiophiles. Il serait fou de penser qu'il ne s'agit là que d'une réminiscence passéiste, d'un goût pour une sonorité enjôleuse, chatoyante (voire colorée), fuyant la recherche d'une vérité de restitution quelque peu terne et manquant de brio. Bien au contraire, la maîtrise du tube, alliée au meilleur des techniques les plus récentes, permet d'accéder à une qualité de reproduction extrême. Fini le son chaud des tubes ou la reproduction clinique des semiconducteurs. Nombre de réalisations hybrides des années 90 apporte une ouverture nouvelle sur la transcription sonore. En cela, le JH 30 de Lectron est un exemple marquant de la maturité à laquelle est parvenu l'amplification. Il est représentatif de la parfaite maîtrise des choix technologiques entre modernité et solution éprouvées, conférant à l'écoute une qualité hors pair. Il s'inscrit ainsi exactement dans nos critères de sélection des Muses d'Or.

Le JH 30, sous des apparences très classiques, repose sur un concept original : une amplification de puissance limitée à deux étages et à grand gain. Double avantage : simplicité, pour préserver au signal toute sa richesse et niveau d'entrée à haute sensibilité, pour autoriser l'attaque en direct des sources et ainsi contourner la nécessité d'utilisation d'un préamplificateur. Le JH 30 est un intégré sur lequel sont raccordées directement les sources haut niveau telles que CD, tuner, bande... Il est représentatif des nouvelles tendances de conception des circuits d'amplification audio. En effet, avec la position dominante qu'a acquise ces dernières années le lecteur CD en tant que source privilégiée, les conceptions traditionnelles du traitement du signal audio ne tiennent plus. L'entrée phono, longtemps considérée comme source ultime, nécessitait un gain énorme pour attaquer l'étage de puissance proprement dit. A savoir un, voire deux étages pour la partie préamplificatrice, trois étages pour la préamplification RIAA, trois étages pour la partie préamplification linéaire et enfin deux ou trois étages d'amplification en tension dans l'amplificateur. Ainsi, le signal doit-il traverser au bas mot dix étages avant d'alimenter l'étage final d'amplification en courant excitant les haut-parleurs (fig. 1). Force est de constater que la grande majorité des électroniques audio sont construites sur ce canevas. Comme si après des décennies de recherche d'un gain optimal pour tirer pleinement partie des cellules à bobines mobiles, avec des impératifs draconiens de rapport signal/bruit (sans compter avec les problèmes inhérents aux alimentations qu'un tel gain mettait à rude épreuve), les concepteurs s'étaient endormis sur leur acquis et ne s'étaient pas remis en cause avec l'arrivée du CD. N'est-il pas dommage, avec un

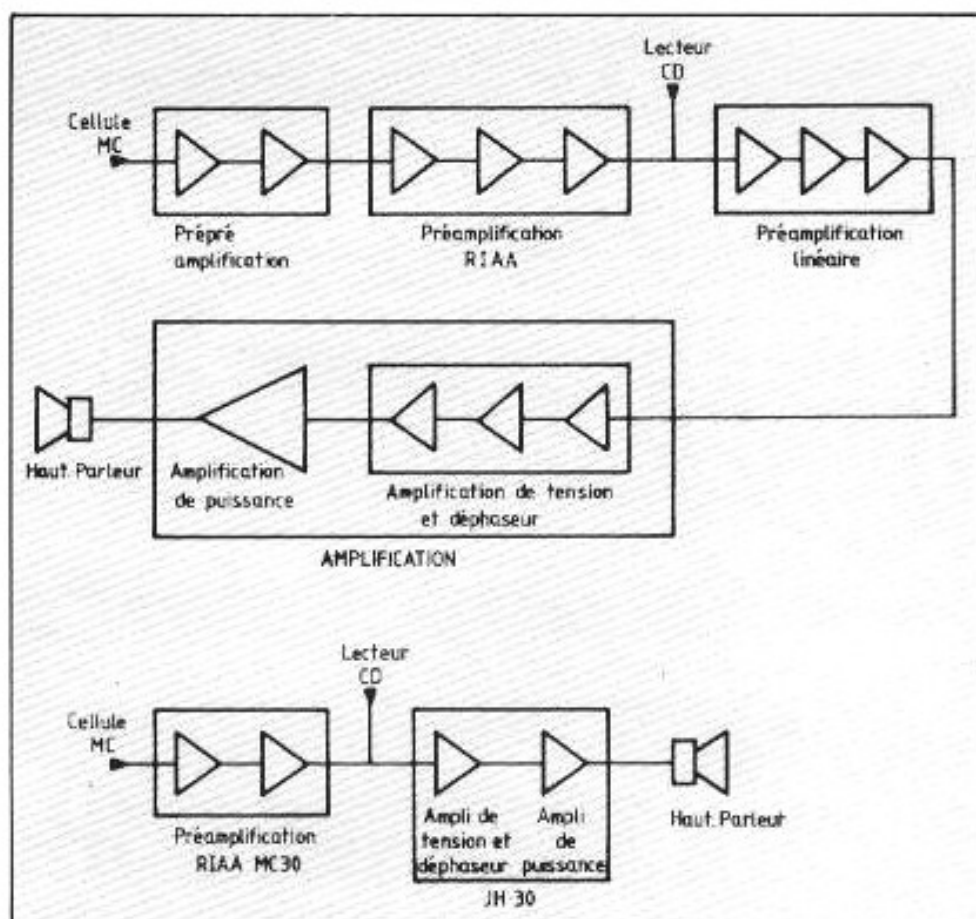


Fig. 1 : Synoptique comparé d'une chaîne d'amplification conventionnelle et du concept JH 30. Le nombre d'étages par lesquels transite le signal est réduit d'un tiers avec le JH 30.

lecteur numérique délivrant plus d'un volt, de repasser par tous les étages d'un préamplificateur pour attaquer l'amplificateur dont la sensibilité est bien souvent inférieure au volt (sans compter avec les multiples contacts, câbles de liaison, sélec-

teurs...). De plus, les performances des semiconducteurs récents autorisent des gains très élevés sans sacrifier en rapport signal/bruit. La force des habitudes est grande et, hormis quelques rares cas de concepteurs originaux, les schémas tradition-

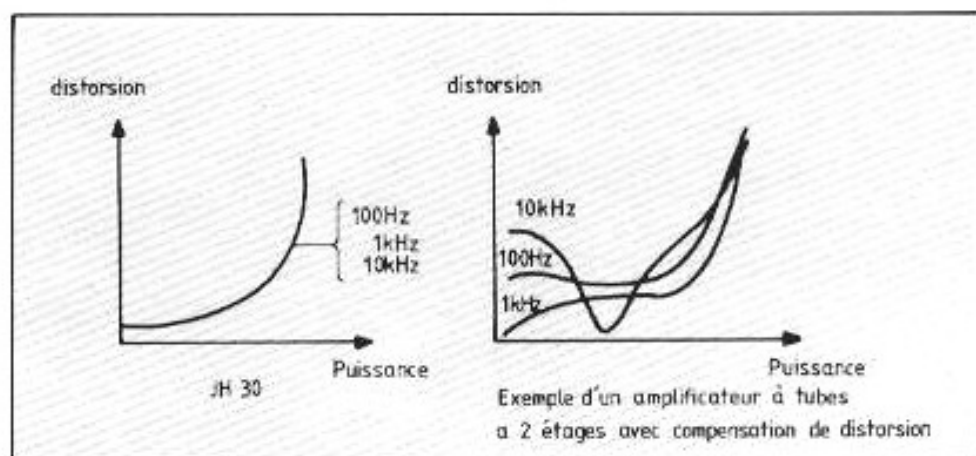


Fig. 2 : Sur le JH 30, la forme de la distorsion très douce et progressive est identique quelle que soit la fréquence. Une telle performance ne peut être obtenue sur un amplificateur deux étages à tubes comme le montre l'exemple, la compensation de distorsion ne peut être obtenue que sur une plage restreinte de fréquences.

nels continuent de faire la loi dans la très grande majorité des électroniques audio. C'est bien dommage car il est désormais évident qu'une électronique simple et limitée en nombre d'étages a des atouts indéniables en termes de transparence sonore. Cela étant, faire simple n'est pas aussi facile qu'il pourrait y paraître si l'on veut satisfaire la multitude de critères qui régissent l'amplification telle que bande passante, distorsion de toute forme, phase, bruit...

On comprendra ainsi mieux l'originalité du JH 30 avec ses deux étages, développés d'une part sur la base de sources à haut niveau* et d'autre part tirant pleinement partie des derniers développements des semiconducteurs. Car bien qu'à tubes pour son étage de sortie, il a recours pour son étage d'entrée à des FET travaillant à courant élevé montés en cascode différentiel avec des transistors bipolaires. Il fait également office d'étage déphaseur pour attaquer l'étage de puissance push-pull. La conception est résolument originale pleine d'astuces et de savoir faire. Indéniablement, elle a été menée sur la base d'une parfaite maîtrise entre choix de configurations du schéma et performances subjectives qu'elles laissaient augurer.

L'étage d'entrée

Cette conception minimaliste réduite à deux étages, outre les atouts évoqués précédemment, offre un autre avantage de taille. Il est en effet possible de jouer sur les non linéarités respectives de chacun des étages afin que, lorsqu'ils sont associés, elles se compensent et s'annulent. Dans une structure conventionnelle à multiples étages, une telle démarche est utopique et bien trop complexe pour être menée à bien. D'autant, il ne faut pas l'oublier, que la linéarité globale à atteindre ne doit pas unique-

ment porter sur quelques fréquences particulières mais sur une plage très étendue de dix octaves. De plus, cette linéarité doit être conservée en fonction de la puissance (fig. 2). On comprend ainsi beaucoup mieux qu'une telle approche ne peut être envisagée que sur une conception de circuit simple pour être réellement efficace en termes de compensation de distorsion. Bien maîtrisée, elle confère à l'amplificateur une courbe de distorsion douce, progressivement croissante en fonction de la puissance et identique à toutes les fréquences. L'incidence sur la qualité d'écoute est indéniable, principalement en matière de véracité des timbres.

Le recours à une association hybride autorise une telle optimisation. Avec un étage d'entrée à tube, il n'est possible d'intervenir que sur certaines plages de fréquence. En haute fréquence, il est exclu de parvenir à une linéarité parfaite.

Sans nul doute, à ce niveau, le JH 30 témoigne d'une mise au point parfaitement maîtrisée. Laquelle n'est certainement pas

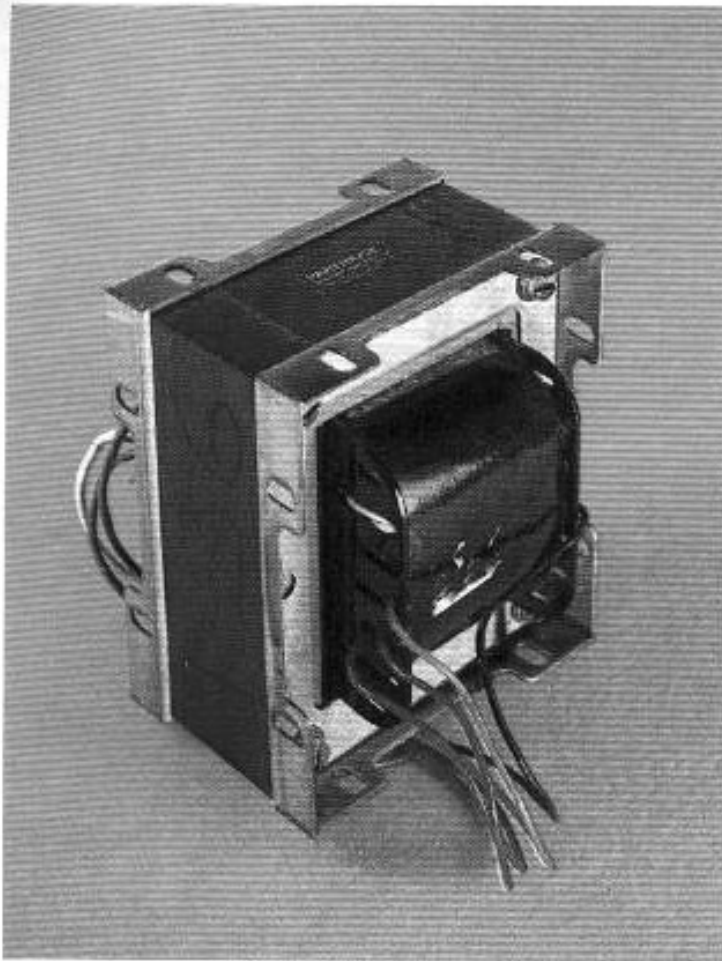
étrangère à ses étonnantes qualités de restitution.

Voici pour les idées directrices ayant guidé la conception. Concrètement, cet étage d'entrée déphaseur fait appel à une association en cascode différentiel FET + bipolaire chargée par des résistances de faible valeur.

La tension d'alimentation est étonnamment élevée par un étage à semiconducteurs puisque de ± 86 V. En cela, on retrouve l'esprit tube même si ce sont des transistors qui sont utilisés. Les avantages qui en découlent en termes de dynamique sont évidents. Paradoxalement les FET sont polarisés de manière inhabituelle puisque la tension drain-source n'est que de quelques volts. C'est un choix délibéré visant à réduire les non linéarités rencontrées dans des conditions d'utilisation plus conventionnelles (V_{DS} compris entre 10 et 20 V), à savoir :

- un écrêtage symétrique et doux à une amplitude de plus de 30 V ;
- pas de remontée de distorsion au dessus de 10 kHz ;
- très faible courant de fuite de





*Transformateur
de sortie
Partridge
du JH 30.*

gate malgré un courant relativement élevé de 7 mA ;

Le gain très élevé de cet étage autorise une surmodulation très importante de l'entrée. En effet, l'écrêtage est à 33 V_{eff} alors que 10 V_{eff} suffisent pour moduler au maximum l'étage de puissance double push-pull d'EL 84 avec 140 mV en entrée.

Cette marge conséquente de niveau assure une réduction du taux de distorsion, ce dernier augmentant substantiellement en fonction du niveau de sortie.

De telles performances ont pu être obtenues grâce au choix des semiconducteurs, principalement des FET's. Il s'agit de paires associées dans un même boîtier à valeur de I_{DSS} élevée puisque de 12 mA.

Cet étage est d'autant plus remarquable qu'il fait office d'inverseur de phase pour chacune des branches de push-pull. L'étage déphaseur a toujours été un des points sensibles des électroniques à tubes et responsable

dans la plupart des cas de l'augmentation de la distorsion aux fréquences élevées. Un bon étage déphaseur, outre sa stabilité, son faible taux de distorsion, doit surtout être parfaitement symétrique jusqu'à 20 kHz. Cela implique une bande passante étendue. La technologie différentiel cascode apporte à ce

niveau de nombreux avantages, bien difficiles, voire impossibles à réunir avec une technologie tube même dans une configuration multiples étages.

Comme on pourra le noter, cet étage d'entrée simple n'en est pas moins performant sur l'ensemble des critères. Il est indéniablement l'un des points forts du JH 30 et son originalité, même si elle n'est pas apparente a priori, est évidente face aux concepts conventionnels rencontrés dans la plupart des électroniques audio acutelles. Rares sont en effet les démarches novatrices dans ce domaine. Le SP 15 d'Audio Research, Muse d'Or de notre n° 2, peut être rapproché du JH 30 quant à l'utilisation remarquable des transistors à effet de champ, toutefois dans une autre démarche d'esprit.

On ne saurait conclure sur cet étage d'entrée sans souligner le recours à des régulations d'alimentation d'apparence peu sophistiquée puisqu'il s'agit de montage ballast tout à fait classique sans condensateur de sortie chimique. C'est un choix résolu pour préserver la dynamique du signal tout en évitant l'apparition de distorsions inhérentes à des harmoniques de rang élevé, très critiques à l'écoute. Ces distorsions découlent de l'apparition de pics de commutation,



comme c'est le cas avec des alimentations régulées rapides lorsque le circuit est sollicité par des signaux transitoires. En termes de régulation pure, une alimentation de type ballast n'est pas aussi performante mais elle a l'avantage au plan musical de ne pas générer de résidus pernicieux quant à la structure harmonique. On reconnaît les priorités spécifiques à l'audio, dans les autres domaines de l'électronique elles sont tout autres.

Ces régulateurs ballast, au nombre de quatre, alimentent en symétrique chacun des étages différentiels. Ils sont implantés directement sur le circuit pour limiter les résistances série et offrir ainsi une excellente réponse transitoire et une diaphonie très réduite. De plus, ils contribuent à éliminer un défaut très souvent constaté sur les montages cascade, sensibles aux fluctuations d'alimentation, consistant en une sensation de flou, d'imprécision de l'image stéréophonique. Rien de tel avec le JH 30, l'image est précise et ponctuelle, sa perspective change radicalement selon les enregistrements : preuve d'une neutralité parfaitement maîtrisée sur ce critère.

L'étage de puissance

Les tubes, au nombre de huit, directement visibles, sont des EL 84. Ils sont montés en double push-pull. Cette référence est une pentode. Mise sur le marché en 1953, elle a remporté et remporte encore un immense succès. Son coût réduit, sa robustesse et sa disponibilité aisée n'y sont certainement pas étrangers. Sans compter avec ses qualités subjectives, les amplificateurs réalisés sur sa base ont, pour la grande majorité, un attrait tout particulier à l'écoute. Une explication à cela réside dans le fait que l'EL 84, qui possède des caractéristiques qui l'apparentent plus à une tétrode qu'à une pentode, offre un taux de distorsion par

harmonique impair réduit et n'est pas sujet au phénomène d'émission secondaire.

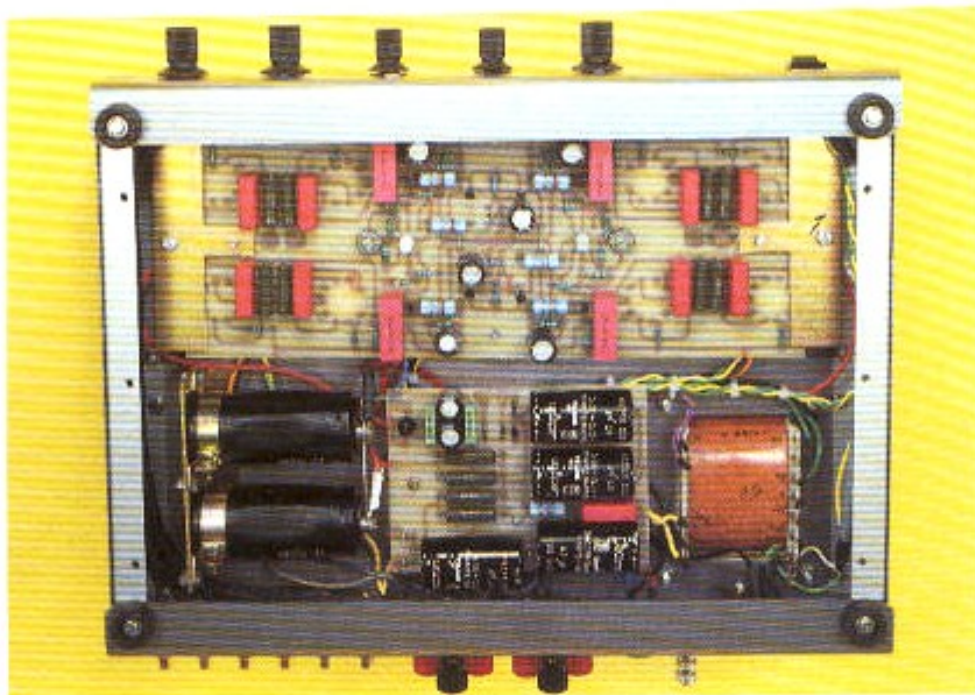
Le montage de l'étage de puissance est relativement classique. La polarisation automatique est séparée néanmoins pour chacun des tubes afin de limiter les interactions entre les deux parties du push-pull en régime dynamique. Les résistances de fuite ont une valeur inhabituellement basse. La raison en est la recherche d'une stabilité optimale jusqu'à l'écrêtage afin d'éviter l'incidence du courant de fuite de grille.

Cette configuration de l'étage de sortie aux apparences conventionnelles repose avant tout sur le choix d'un étage d'entrée étonnamment performant d'une part et d'un transformateur de sortie

atouts du tube en matière de dynamique en particulier. Rien d'étonnant à ce que la contre réaction ne soit que de 8 dB...

Le transformateur de sortie, pièce maîtresse, est un modèle du genre. Il est fabriqué sur spécifications particulières par la firme anglaise Partridge. Celle-ci détient le leadership en la matière. Son savoir faire issu d'une tradition dans le domaine affirmée depuis des décennies, est envié au niveau mondial. La cote des réalisations Partridge au Japon est telle qu'une paire de petits transformateurs pour cellule à bobine mobile se négocie à la moitié du prix d'un JH 30 !

Surdimensionnés, ils ont la taille de transformateurs de sortie équipant des amplificateurs de 80 W, les transformateurs de



Vue du câblage interne.

hors pair d'autre part. En amont et en aval, le signal est ainsi traité d'une manière remarquablement linéaire. Aussi n'est-il en rien nécessaire d'avoir recours à des solutions de compensation ou de linéarisation. Bien au contraire, un schéma simple et bien conçu est la meilleure des solutions pour tirer pleinement parti des

sortie du JH 30 apporte sans nul doute une large contribution à ses qualités d'écoute que ce soit au niveau de la tenue du grave, de l'ouverture sonore, de la définition et de l'incroyable aisance sur des messages complexes avec une faculté de « montée en puissance » rarement ressentie même sur des amplificateurs de très

grande puissance.

Le transformateur d'alimentation est, lui aussi, de proportions très conséquentes, son incidence n'a pas été négligée. Bien au contraire, elle semble avoir été pleinement prise en considération pour tirer le meilleur parti des raffinements du schéma. Comme on le voit, aucune économie n'a été réalisée sur les pièces essentielles. La meilleure preuve en est le poids. Près de 20 kg pour cet intégré aux dimensions modestes.

Réalisation d'ensemble

Compact, le JH 30 est réalisé avec un soin maniaque. Tous les composants sont d'une qualité extrême. Le dessin du circuit imprimé principal est conçu dans un esprit audio de qualité : pistes larges et courtes, symétrisation parfaite des deux canaux, piste de masse judicieusement pensée pour référencer au mieux les régulateurs des circuits d'entrée. Ce circuit mère est monté par l'intermédiaire d'un découplage mécanique sur une contre platine afin de s'affranchir des pertes d'informations par effet microphonique. Les trois transformateurs montés sur la partie arrière sont recouverts d'un capot en inox, amagnétique, témoin du soin apporté lors de la conception pour contourner les effets pernecieux de distorsions magnétiques. Pour des raisons identiques, toutes les pièces du châssis sont réalisées en aluminium. Point de détail de ce perfectionnisme poussé à l'extrême : les tubes et les condensateurs chimiques portent la marque Lectron !

Le confort d'utilisation n'a pas été négligé pour autant. La meilleure preuve en est que le remplacement des tubes ne nécessitent strictement aucun réglage. Ils se changent comme une vulgaire ampoule électrique... De plus, leur robustesse, leur disponibilité et... leur coût sont autant d'atouts en

faveur de ce tube remarquablement musical qu'est l'EL 84.

Les performances

De puissance modeste mais néanmoins suffisante pour la plupart des applications domestiques, le JH 30, avec une trentaine de watts, possède des caractéristiques qui témoignent du souci des concepteurs quant à la réponse dynamique. La bande passante, remarquablement étendue jusqu'à près de 100 kHz à pleine puissance, cela avec un taux de contre réaction très réduit puisque de 8 dB, confère au JH 30 un temps de montée de 4 μ s, très rapide pour une électronique à tubes dotée d'un transformateur de sortie. Ces chiffres ne sont pourtant qu'une indication parcellaire de la maîtrise du comportement en régime impulsif de cet intégré. La forme de la réponse en signal carré en haute fréquence (20 kHz) atteste d'un travail très soigné sur la linéarité hors bande jusqu'à 100 Hz du circuit (effet capacitif) et surtout du transformateur de sortie. Sur ce point, le JH 30 n'a rien à envier aux meilleurs amplificateurs à transistors avec, de surcroît, l'apport indéniable de l'interface amplificateurs acoustiques que constitue le transformateur de sortie en termes d'impédance, voire d'amortissement.

La distorsion est basse compte tenu qu'il s'agit d'un étage de sortie à tubes d'une part et que le taux de contre réaction est très réduit d'autre part. Cependant, ce qui est le plus remarquable sur ce critère est la forme de la courbe de distorsion en fonction de la puissance. Elle est très douce et régulièrement montante avec le niveau : de 0,05 % à 0,1 W pour atteindre 0,6 % à 10 W en passant par 0,15 % à 1 W. Cela, avec des valeurs identiques à 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz. C'est un point de grande importance qui atteste de l'achèvement de l'étude : plus qu'une valeur

artificiellement basse, c'est la forme et la constance de la distorsion en fonction tant du niveau que de la fréquence qui ont été recherchées. En outre, le spectre est significatif d'un dégradé harmonique maîtrisé. Les harmoniques de rang pair ne sont pas écrasés, aspect critique au plan subjectif.

Le rapport signal/bruit supérieur à 85 dBA est à mettre en regard de la très haute sensibilité d'entrée de 140 mV et aussi du faible taux de contre réaction. Le remarquable étage d'entrée apporte là une large contribution.

Seul revers de médaille à ce tableau très homogène : le JH 30 ne lissera aucun des défauts d'une enceinte. C'est le propre des électroniques très peu contre réactionnées, étonnantes en termes d'ouverture de la scène sonore, d'aisance dynamique et de précision des timbres. Mais qui, par contre, révèlent les haut-parleurs en ce qu'ils ont de très bon et... de moins bon. L'association devra préalablement être évaluée, tout en sachant qu'il n'est pas nécessaire d'avoir un rendement délirant : 90 dB/W/m, voire moins, ne frustrant en rien les aptitudes dynamiques du JH 30.

* Il existe un modèle MC 30 pour raccorder une cellule à bobine mobile réalisé sur un concept similaire.

Ecoute

**Stereo Technic (Japon)
Mai 1990.**

M. Soïchi Takahashi

Le JH 30, réussite parfaite dans le domaine de la technologie hybride, réunit tout ce que l'on pouvait attendre de mieux d'un amplificateur : un son consistant, aux attaques franches, une restitution à la fois nerveuse mais chaleureuse. On pourrait en conclure que la formule hybride transistors (premiers étages) + tubes (étages de puissance) est

préférable au contraire, si l'on prend notamment pour point de comparaison des créations japonaises ou américaines. On est séduit, impressionné par la netteté, la franchise, la fermeté des attaques. Les nombreuses autres qualités (sensation de grande réserve de puissance, d'ampleur, de consistance) produisent un effet de réalisme étonnant. On y croit. Sur notre système de référence à haut rendement qui utilisait pourtant deux haut-parleurs graves de 38 cm par voie, le JH 30 s'est comporté remarquablement bien malgré une charge de 4 Ω et a même pu permettre d'atteindre des niveaux sonores très élevés avec assurance et absence d'instabilité. Le principe des atténuateurs séparés et suivis d'un contrôle de volume commun est une idée fabuleuse

Stereo Technic (Japon) Mai 1990.

M. Shinichi Fujimoto (spécialiste des amplificateurs à tubes)

Dans notre auditorium, le JH 30 a mis en valeur des qualités reconnues depuis longtemps sur les bons amplificateurs à tubes, entre autres, la dynamique poussée, le moelleux des ambiances, mais avec un caractère beaucoup plus neutre que sur les réalisations à tubes conventionnelles. Le grave descend remarquablement bas. Les cordes sont transcrites avec une grande richesse avec beaucoup d'expression et avec une « tendance lumineuse » tout à fait unique. Le médium est superbe, aux contours très nets, ce qui donne à la voix beaucoup de relief. De la réserve subjective de puissance découle une sensation de maturité, d'assurance appréciable. Sur les œuvres orchestrales, le pouvoir de séparation entre les instruments est superbe, ceci d'autant plus que l'on atteint, malgré les 2 x 30 W réels, des envolées dynamiques fulgu-

rantes. De cette conception semblable en fait extrait tout ce que l'on apprécie le plus sur les transistors et sur les tubes, mais sans leurs défauts communs. Il doit être possible de faire encore mieux mais il faut tenir compte du remarquable rapport performances subjectives/prix de ce modèle.

Stereo Sound (Japon) n° 94, printemps 1990. M. Osamu Takatsu

... Le médium et le médium-aigu présentent des qualités uniques de délié et de transparence. Comparé aux puissantes électroniques transistorisées, le JH 30 offre une nette supériorité sur les critères de pouvoir d'analyse et d'absence d'intermodulation. Les sons, les timbres les plus variés se détachent parfaitement les uns des autres. Il en résulte une transcription « jeune », « fraîche », particulièrement vivante. Elle se complète d'un registre de sous-grave parfaitement linéaire qui parvient même, ce qui est rare, à faire vibrer le plancher sous nos pieds. La restitution des plans sonores, de la profondeur est saisissante. Le rendu des nuances est, lui aussi, tout à fait exemplaire. Selon les enceintes et l'acoustique de la pièce d'écoute, on pourra affiner la balance tonale, la restitution des nuances en recherchant une position adéquate des atténuateurs et du contrôle de volume. C'est, en forme de conclusion, un amplificateur au pouvoir de séduction étonnant, dont la compagnie ne risquera pas d'ennuyer.

Nouvelle Revue du Son (France). Novembre 1990 M. Patrick Vercher

L'intégré JH 30 a été écouté sur un système de haut-parleurs à très haut rendement à pavillon dont la phase a été minutieuse-

ment calée. Avec ce type de système, aucun détail ne peut vous échapper. Aussi, dès les premières minutes d'écoute avec le JH 30, on peut se rendre compte de la transparence inouïe de cette électronique. Son sens du suivi mélodique, du rythme est exceptionnel. Cela chante en permanence. L'articulation entre les notes, les différences de niveau bien marquées procurent un tonus extraordinaire. On a envie de suivre la musique, toute la sensibilité d'une interprétation passe sans écran opacifiant.

En analysant plus précisément chaque partie du spectre, on constate tout d'abord une parfaite homogénéité de timbre de l'extrême-grave à l'extrême-aigu. De même, la répartition dynamique est uniforme d'un bout à l'autre du spectre audible.

Contrairement à bien des amplis à tubes, le grave est hyper rapide sans rondeurs artificielles. L'extrême-grave n'est pas atténué, il est hyper tendu et très clair. A l'opposé, le registre aigu n'est pas séparé du reste de la transcription. Il affiche une absence totale de grain parasite ou de distorsions passagères. Le médium a beaucoup de présence sans être projeté en avant contrairement à bien des électroniques à tubes de puissance moyenne qui semblent pousser entre 200 et 2 000 Hz.

L'espace sonore est très précis, chaque interprète a une position stable dans l'espace. Contrairement là aussi à bien des amplis à tubes, il n'y a pas de fausse perspective répétitive. La profondeur des plans sonores varie dans de très grandes proportions d'un enregistrement à l'autre.

Par delà les modes passagères, le JH 30 deviendra un « classique ». Sa lumineuse transcription, son caractère vivant, permanent, ses timbres d'une richesse et d'une beauté inouïes, vous font apprécier les interprétations musicales dans toute leur subtilité.

Diapason (France)

Novembre 1990.

M. Jean-Marie Piel

Avant d'écouter un amplificateur à tubes, il est difficile de se débarrasser des préjugés subjectifs qui accompagnent habituellement cette technologie — son chaud mais manquant de précision, basses opulentes mais manquant de sécheresse, etc. Pourtant, s'il est un amplificateur qui fait rapidement oublier ces sempiternelles distinctions d'écoute entre le tube et le transistor, c'est bien le JH 30. Peut-être précisément en raison de sa nature hybride : semiconducteurs pour l'étage d'entrée, lampes pour l'étage de sortie. Toutefois, il convient de souligner que les qualités exceptionnelles de cet « intégré » ne sauraient faire oublier qu'il ne fonctionne de façon optimale qu'avec certaines enceintes. Selon les haut-parleurs nous devons bien admettre que les résultats peuvent aller du meilleur au moins bon. Citons quelques noms : avec les Quad ESL 63, avec les ProAc « Response Two », grande déception ; avec les Rogers LS 3/5, LS 5/9, grande satisfaction. C'est d'ailleurs avec ces derniers que nous nous sommes faits l'opinion qui suit.

A l'écoute, la caractéristique la plus marquante de cet amplificateur est la vie — ce que l'on appelle improprement la dynamique. Il est rare en effet de trouver un amplificateur qui réagit avec autant de vivacité aux fluctuations d'intensité du signal musical. Et le plus remarquable est que cette vitalité, cette vivacité n'est pas cantonnée à une partie du spectre, mais s'exerce sur toute l'étendue de la bande audible, de l'extrême-grave à l'extrême-aigu.

La seconde caractéristique subjective est, selon nous, une transparence peu commune même dans cette catégorie de prix — une transparence que

rehausse encore un équilibre tonal très clair, favorisant légèrement les fréquences hautes.

La troisième caractéristique ? Difficile de faire une hiérarchie entre une image spatiale très ouverte, précise, étagée, aérée, une grande richesse dans le rendu des timbres et une cohérence musicale qui se traduit par l'impression d'entendre des musiciens et non simplement des sons. Sur ces trois critères aussi le JH 30 mérite les plus vifs éloges.

Enfin, une mention spéciale au sujet des graves. D'abord — qualité peu courante avec un amplificateur à tubes — ils ne sont pas tronqués : leur restitution se prolonge jusqu'à l'extrême-grave. Ensuite, ils sont fermes. Enfin, ils sont timbrés et articulés.

Un mot pour conclure : si, fortuitement, ces qualités vous paraissent douteuses, n'incriminez pas le JH 30 mais plutôt son mariage avec les enceintes. Il serait absurde de cacher qu'il se montre plus sélectif que d'autres à cet égard.

Das Ohr (RFA).

M. R. Faust.

Dans ce compte rendu, je m'en tiendrai à la philosophie de ma revue Das Ohr où seule compte la qualité subjective.

Je connais bien le JH 30 pour l'avoir écouté pendant de longues semaines au moment de sa sortie. Depuis ce temps, je le considère comme une référence dans la catégorie des amplificateurs de 30 watts.

Pour cette écoute, j'ai utilisé un lecteur Sony et un convertisseur Wadia. Les transducteurs étaient les enceintes françaises de haut de gamme Apertura, de Christian Yvon. Elles sont très rapides, très transparentes mais nécessitent un amplificateur particulièrement nerveux. Je ne suis pas encore revenu de la façon dont le JH 30 a maîtrisé la situa-

tion. C'est le genre d'écoute — rare hélas ! — qui fait que l'on oublie complètement de prendre des notes.

C'est une grande écoute. En premier lieu, le suivi mélodique et l'ouverture dans les trois dimensions. Il y a de l'air. Cela respire et surtout c'est vivant. Ce JH 30 « pète » le feu mais sans casser la musique. En plus, c'est de la dentelle. Peu d'appareils, quel que soit leur prix, restituent aussi facilement les nuances.

Prenons quelques exemples. Ma musique préférée est la musique ancienne. Il est non seulement difficile de la jouer mais bien plus difficile encore de la reproduire sur une chaîne. Je ne sais pourquoi, mais dès les premières mesures, le JH 30 m'a fait penser à certains passages du livre de T.M. Damian « L'harmonie perdue ». Car ici, elle revit, cette merveilleuse harmonie des timbres des instruments anciens. Je la retrouve enfin, cette tessiture qui me charme comme au concert.

Et j'ai commencé à me poser des questions. Cet appareil — bon marché — comparé à certains monstres : pourquoi est-il musicalement si exceptionnel ? Une explication : il a été conçu par des gens pour lesquels le tube n'a pas de secrets. Ils ont su marier ce merveilleux tube EL 84 avec des transformateurs de sortie capables de lui rendre ses qualités d'extrême finesse et de rapidité. De plus, si le JH 30 est « génial » pour le prix auquel il est proposé, il n'a rien du « bricolage de génie ». Il est beau, robuste et ce qui est exceptionnel pour un appareil à tubes : il est increvable. Je le sais car je l'ai « trituré » pendant plus de deux mois. Le tube EL 84, vous n'en viendrez pas à bout. A vous de trouver tout d'abord une source puis des enceintes dignes de ce JH 30 qui est et restera autant pour ses qualités musicales que pour sa fiabilité, un classique de la haute-fidélité d'exception.

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

25 LECTEURS NUMERIQUES

L

*es sources numériques évoluent très vite.
Sophistication des convertisseurs :
1 bit, 16 bits, 18 bits, algorithme particulier...
Les mécaniques s'affinent !
Richesse d'informations accrue !
Les distorsions battent de plus en plus en retraite...*

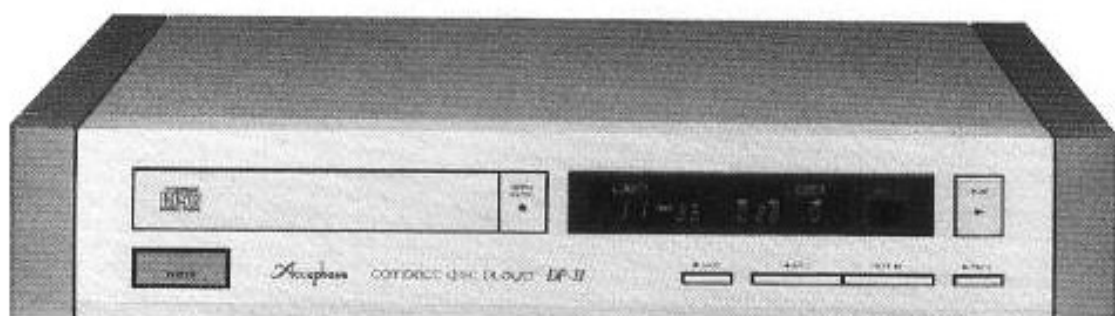
*Ces 25 lecteurs CD, convertisseurs,
lecteurs DAT ont tous été testés, écoutés.
Il ne s'agit pas de compilation de catalogue.
Ils ont révélé des esthétiques sonores souvent différentes.
Dans tous les cas, ils apportent chacun dans leur domaine
un rare raffinement d'écoute.*

ACCUPHASE

ACCUPHASE DP-11

Ce lecteur CD de très haut de gamme, d'un poids de 14 kg (!), possède une mécanique à moteur linéaire ultra-rapide et un système de décodage numérique-analogique très particulier. Le résultat, l'une des références actuelles en matière de lecteurs CD pour la limpidité, la capacité dynamique et la précision d'analyse. L'ambiance sonore qui a présidé à la prise de son est intégralement restituée. On trouve ici, enfin, avec ce lecteur une extraordinaire qualité de naturel dans l'effet stéréophonique grâce à des notions d'ambiance différentes en fonction des enregistrements.

Le DP-11, pour arriver à ce résultat, est muni d'un filtre travaillant le signal numérique en 20 bits 8 fois suréchantillonnés en association avec un circuit conformateur de bruit de type Noise-Shaper pour réduire dans de très fortes proportions le bruit engendré par le numérique. Ainsi, ce bruit est déplacé très haut en fréquence et après filtrage il est



totallement en dehors de la bande audio. Cette technique, souvent utilisé avec le procédé 1 bit, est ici appliquée à un convertisseur classique à échelle de courant de très haute précision de type 18 bits. Ce circuit est ajusté précisément en usine pour obtenir un calibrage précis. L'étage final qui intègre le filtrage analogique et l'étage de gain est à couplage direct sans condensateur de liaison.

Ce lecteur bénéficie d'une sortie symétrique du signal analogique sur prises XLR en plus du signal asymétrique sur prises Cinch. Les sorties numériques n'ont pas été oubliées aux formats coaxial et optique. Les alimentations sont distinctes à partir de deux transformateurs pour les circuits analogique et numérique. Il n'y a pas ainsi de couplage possible entre les divers étages. Les performances sont à la hauteur de la sophistication des circuits et de la précision de la mécanique de lecture.

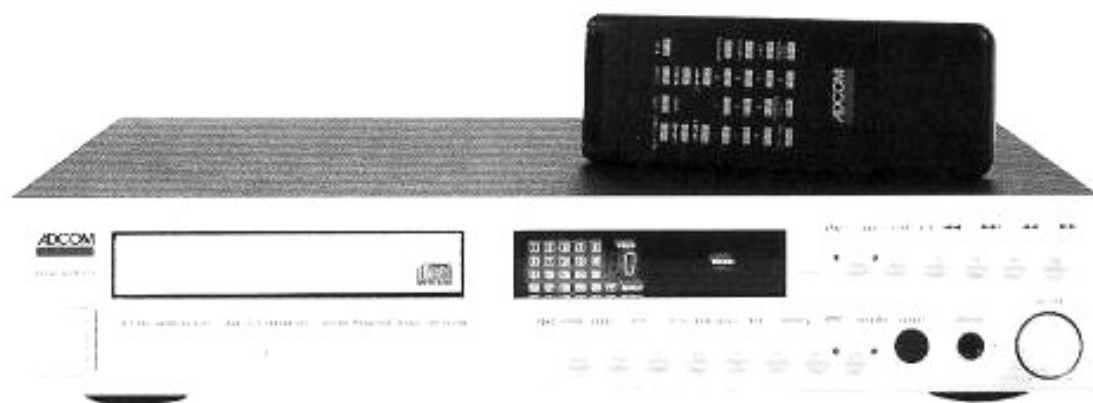
DP-11. Prix indicatif : 44 900 F.

Distributeur : **CINECO** 72, avenue des Champs-Élysées, 75008 PARIS - Tél. 43.59.61.59

ADCOM

ADCOM GCD 575

Ce lecteur CD dans sa catégorie de prix est une exception. En effet, sa capacité dynamique, sa précision dans le placement des instrumentistes dans l'espace, son sens de l'aération sonore, ne se retrouvent à ce degré que sur des lecteurs beaucoup plus onéreux. Grâce à son inverseur de phase absolue qui figure sur la télécommande, on peut réellement se rendre compte de l'importance de ce paramètre. Beaucoup d'enregistrements sont « hors phase absolue », et quand on retombe sur celle-ci, les transitoires sont beaucoup plus francs, la lisibilité dans le grave est accrue, l'image stéréo est stable avec une excellente focalisation des plans sonores. Il faut en profiter car le GCD 575 fixe vraiment de nouveaux critères d'appréciation pour le maintien de la phase. Cette platine CD est équipée d'un bloc de lecture très précis et bien suspendu avec un système de focalisation mis au point par Audio-



Technica. La section numérique s'établit autour d'un convertisseur Philips TDA 1541, 16 bits, 4 fois suréchantillonnés, en conjugaison avec un microprocesseur Nec. L'étage de sortie travaille en pure classe A et sort en basse impédance, ce qui ne posera aucun problème d'adaptation avec les étages d'entrée des préamplificateurs. Ce lecteur est muni de deux sorties analogiques, l'une fixe et l'autre variable, dont le niveau est ajustable à partir d'un potentiomètre situé en façade. On peut ainsi attaquer directement l'amplificateur sans passer éventuellement par un préamplificateur. De plus, il est équipé d'un filtre haute fréquence que l'on peut commuter et qui atténue la bande située de 1 à 7 kHz à -2,5 dB et à 20 kHz à -3,2 dB. Cela permet de retirer sur certains enregistrements l'agressivité de la prise de son. Ce filtre ne compromet pas pour autant la phase absolue du lecteur. Extrêmement bien construit, il offre de nombreuses possibilités d'exploitation et son afficheur de données est très clair.

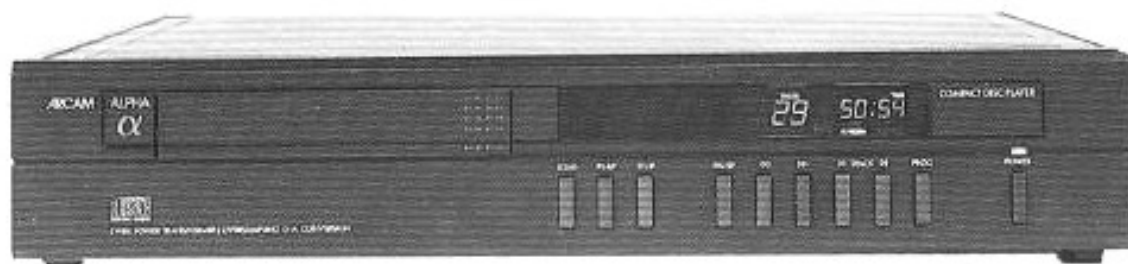
GCD 575. Prix indicatif : en noir : 7 500 F, en blanc : 8 000 F.

Distributeur : **CHALON & CIE** 22 bis, boulevard du Général Leclerc
92200 NEUILLY-S/SEINE - Tél. 47.45.53.07

ARCAM

ARCAM ALPHA CD

Les lecteurs CD Arcam ont toujours fait l'unanimité auprès des critiques des revues spécialisées du monde entier pour leur musicalité qui réside dans la conjonction d'un pouvoir d'analyse poussé, d'un haut respect de la structure harmonique des timbres et d'une capacité dynamique uniformément répartie. Que ce soit sur du classique ou sur de la variété, l'Alpha CD restitue avec une incomparable fluidité les différents types de message, sans aucune agressivité, avec un côté « analogique » qui fait tout le charme de ce lecteur. L'Alpha CD utilise une mécanique Philips CD M4 mono-faisceau dont la capacité de lecture et la fiabilité ne sont plus à vanter, associée à un excellent système de correction. Le filtrage numérique à quadruple échantillonnage et la conversion N/A à 16 bits sont assurés par des circuits dûment triés (ce qui fait toute la différence) SAA 7220 P/B et TDA 1541 A/S1. Une double alimentation (comme sur le Black Box et les lecteurs CD « haut de gamme ») a été reprise sur l'Alpha CD. L'un des transformateurs fournit le courant nécessaire aux circuits



numériques servo et display et l'autre est dévolu à celui de conversion numérique/analogique et étages de sortie analogique.

On ne dénombre pas moins de quatre alimentations régulées pour assurer une parfaite constance des performances. L'étage précédent le circuit de conversion DAC est entièrement de conception originale avec une nouvelle intégration passive incluant un ampli opérationnel à faible bruit, OP 27. Les étages de sortie utilisent un ampli dûment trié, NE 5534. Toutes les résistances sont de type 1 % et les condensateurs polypropylène.

L'Alpha CD n'offre qu'une sortie fixe, choix voulu par le constructeur pour éviter une dégradation du signal provoquée par une sortie variable ou une sortie casque.

Une sortie coaxiale numérique est prévue pour pouvoir brancher un convertisseur indépendant tel que le Black Box ou un préamplificateur à convertisseur intégré tel que le Delta 110. La construction est très soignée avec un châssis en aluminium extrudé et une finition en tout point remarquable.

Prix public : 5 780 F.

Distributeur : **AUDIODISTRIBUTION** 22, avenue Beau-Plan, 13013 Marseille - Tél. 91.06.00.23

CEC

C.E.C. 580 CD

C.E.C., après l'extraordinaire réussite du 540 CD (voir notre panorama du n° 7) récidive avec le 580 CD. Ce modèle renouvelle l'exploit de proposer un lecteur simple d'utilisation, ultra musical, à un prix des plus bas, moins de 2 000 F.

Le 580 CD n'a pourtant rien de commun avec le 540. Son esthétique a été nettement améliorée sous une apparente sobriété avec un superbe afficheur qui révèle en clair toutes les fonctions et des touches aux caractères positifs. La mémoire peut être programmée selon deux vitesses. Mais la différence cruciale entre le 580 et le 540 tient dans la section de filtrage et le convertisseur. Avec le 580, le filtre digital suréchantillonne quatre fois la



fréquence de 44 kHz et le convertisseur double est de type 18 bits. Le résultat : une écoute encore plus fine avec un équilibre tonal proche de la perfection, où la fluidité du message musical, la souplesse et l'élégance dans la traduction de la mélodie sont exceptionnels. Même sur les orchestrations complexes, le 580 fait preuve d'une superbe aptitude à démêler chaque groupes instrumentaux pour obtenir une meilleure lisibilité d'ensemble et une parfaite compréhension de l'enchaînement des lignes mélodiques. Pas étonnant que le 580 ait ainsi fait l'unanimité auprès des critiques, comme le 540 en son temps. Le 580 bénéficie d'un rapport agrément d'écoute/prix exceptionnel.

Lecteur C.E.C. 580 CD. Prix public : 1 990 F.

Distributeur : **PERFORM HIFI** 21, rue de la République, 95100 Argenteuil - Tél. 42.52.77.37

DELTEC

DELTEC PRECISION PDM ONE SERIE II

Le constructeur britannique Deltec Precision propose un convertisseur étonnant dans sa simplicité extérieure mais capable d'une restitution hyper-agréable qui traduit toute l'émotion des interprétations musicales sans pour autant tomber dans un caractère trop démonstratif et hifiste, dans le mauvais sens du terme. Au contraire, la palette sonore est extrêmement riche et variée avec beaucoup de nuances dans les différences de niveau et une modulation permanente. La restitution « chante », elle est toujours agréable avec une notion d'atmosphère sonore qui n'est pas gommée. Pour ce faire, le PDM One Serie II fait appel à une nouvelle configuration de circuits avec à l'entrée celui de remise en forme du signal en provenance des trois standards numériques



CD, DAT, satellite, suivi d'un filtre numérique à suréchantillonnage 8×18 bits attaquant un quadruple convertisseur de technologie 1 bit à suréchantillonnage 384 fois (avec deux convertisseurs par canal travaillant en différentiel) puis des amplificateurs opérationnels entièrement à base de composants discrets sur supports céramique. Le convertisseur numérique-analogique est dûment trié afin de répondre parfaitement aux spécifications du constructeur, il en va de même pour les deux circuits hybrides sur couche épaisse et composants de surface fabriqués par Deltec pour obtenir une très faible impédance de sortie. Fort astucieusement agencés, les circuits sont parfaitement isolés pour éviter les interférences. Une temporisation est prévue à la mise en marche de l'appareil.

PDM One Serie II. Prix indicatif : 9 200 F

Distributeur : **ACOUSTIQUE PRECISION** 24, chemin des Sauges, 31400 TOULOUSE -
Tél. 61.75.06.64

DENON

DENON DCD-3560

Ce tout nouveau lecteur CD hérite du convertisseur super linéaire à 20 bits en temps réel avec suréchantillonnage 8 fois du DCD 3520 mais avec une amélioration de taille : un nouveau circuit à très haute intégration dit SLC Lambda 4-DAC à 20 bits en temps réel qui, par son principe de fonctionnement, élimine les problèmes de distorsions de croisement pour obtenir une haute définition. Ainsi pour les canaux droit et gauche un convertisseur super linéaire 20 bits est utilisé améliorant considérablement les performances en diaphonie.

Le filtre numérique 20 bits à fréquence d'échantillonnage 8 fois permet d'obtenir une excellente atténuation. Grâce aux performances de ce filtre numérique, le filtre analogique peut fonctionner dans des conditions optimales sans introduire de distorsions de phase. A signaler que le système Denon travaille avec un signal numérique qui est vraiment un 20 bits en conjonction avec un convertisseur ultra rapide numérique-analogique procurant une très haute résolution. Les circuits numériques et analogiques sont alimentés séparément à partir de deux transformateurs distincts. Il faut signaler que les masses sont, elles aussi, totalement séparées entre les circuits numériques et analogiques. Les éventuelles interférences radio ainsi que les distorsions « magnétiques » sont totalement rejetées grâce à l'utilisation d'un châssis



plaqué cuivre. La construction du châssis, faisant appel à une double enveloppe en acier et aluminium, très rigide, oppose par sa masse (15 kg) une très bonne inertie contre les vibrations parasites. Il isole parfaitement la section mécanique montée sur une contre-platine en matériau composite dit BMC, moulé, en tenant compte des problèmes de résonance. La mécanique proprement dite est suspendue aux quatre coins par des amortisseurs visco-élastiques et des petits ressorts hélicoïdaux. Le châssis principal est monté sur des gros pieds isolants, lourds, qui absorbent efficacement les vibrations. Le DCD-3560 dispose de deux sorties numériques, une coaxiale et une autre optique, et trois sorties analogiques : variable, fixe et symétrique avec prise Canon. La mémoire est programmable jusqu'à 20 sélections. Le réglage de volume télécommandable entraîne un micro-moteur. Elle donne un accès direct aux plages par clavier alphanumérique. Comme pour les autres lecteurs Denon, reprenant le principe de conversion 20 bits, on retrouve avec plaisir ce souci permanent du petit détail sonore qui change tout dans la restitution globale. Ainsi les ambiances ne sont pas estompées, elles sont parfaitement cohérentes avec l'information principale. On découvre ainsi une scène stéréo plausible dans les trois dimensions avec un suivi mélodique facile. L'agrément d'utilisation est permanent.

DCD-3560. Prix indicatif : 13 600 F.

DENON FRANCE 3, boulevard Ney, 75018 PARIS - Tél. 40.35.14.14

**HARMAN
KARDON**

HARMAN KARDON HD 7600

Harman Kardon a été l'un des premiers constructeurs à proposer la technologie 1 bit de type MASH pour le convertisseur numérique-analogique. Cela a permis de résoudre d'un coup de nombreux problèmes de non-linéarité et de bruit liés aux convertisseurs classiques multibits.

Avec ce système, il n'y a qu'une seule référence en courant alors que sur les convertisseurs 16, 18 bits, chacun de ces bits possède sa propre référence. Avec autant de valeurs, il y a forcément des variations et la précision vient à manquer en fonction, en particulier, des phénomènes de dérive thermique.

Mais en dehors de l'application de ce circuit de conversion 1 bit de type MASH, Harman Kardon est resté fidèle au filtrage analogique actif par un circuit à base de composants discrets (configuration de 34 transistors) à faible bruit de fond en lieu et place des traditionnels petits amplis opérationnels sous forme de circuits intégrés qui ne manquent



jamais d'apporter quelques modifications dans la structure harmoniques des timbres et la capacité dynamique.

Les alimentations sont séparées pour les circuits analogiques et numériques. La mécanique de lecture, extrêmement efficace, est suspendue en trois points sur un socle lourd de 5 kg qui isole ainsi efficacement contre les vibrations extérieures l'ensemble des circuits. De grande souplesse d'exploitation, avec naturellement télécommande à distance, sorties numériques coaxiale et optique, le HD 7600 propose une écoute hyper-agréable sur tous les types de musique.

Il est à la fois nerveux, défini, très analytique sur les micro-informations, sa subtilité dans les nuances est nettement plus prononcée que ses concurrents. Le circuit analogique de filtrage et de gain apporte certainement beaucoup de naturel à la restitution sonore et à la fluidité du message.

HD 7600. Prix indicatif : 4 990 F.

Distributeur : **HARMAN FRANCE SA** Péripole 243, 33, avenue du Mal de Lattre de Tassigny
94127 FONTENAY-SOUS-BOIS — Tél. 48.76.11.44

JVC

JVC XL-Z1010TN

Ce superbe lecteur de disques compacts dispose d'un grand nombre de possibilités d'exploitation. Son écoute révèle une très grande précision. En effet, il va très loin dans l'analyse des micro-détails et sait parfaitement procurer un bon rapport entre les sons directs et la réverbération. Souvent les lecteurs CD ont un caractère mat peu enthousiasmant ou manquant de vie. Ce n'est pas le cas du JVC qui traduit fidèlement l'acoustique des lieux d'enregistrement avec beaucoup de subtilité. Pour arriver à ce résultat, les ingénieurs de JVC ont équipé leur appareil d'une interface dite K2 qui, à partir du signal numérique lu sur le disque CD, remet en « forme » celui-ci avant qu'il ne soit traité par le convertisseur numérique-analogique.



Cette interface empêche aussi pas mal d'interférences dans le traitement du signal numérique. Le filtre numérique à 8 fois la fréquence de suréchantillonnage est suivi du convertisseur quadruple de type 18 bits afin que la linéarité soit améliorée aux faibles niveaux. La section mécanique dispose d'une tête de lecture trois faisceaux de haute précision, spécialement étudiée par JVC, en association avec un système stabilisateur de disque qui prend celui-ci sur pratiquement toute sa surface. Ce dispositif unique égalise aussi les différences de moment d'inertie entre des disques 12 et 8 cm. Cette mécanique est montée sur une contre-platine flottante, indépendamment du châssis. D'utilisation aisée, avec sa télécommande à contrôle de volume et clavier numérique pour accéder directement aux pistes ou les programmer, le XL-21010 TN répond parfaitement aux plus hautes exigences.

XL-Z1010TN. Prix indicatif : 8 490 F.

JVC AUDIO FRANCE B.P. 125, 95500 GONESSE - Tél. 39.87.36.00

KENWOOD

KENWOOD DP-8020

Ce tout dernier lecteur compact-disc de Kenwood fait appel à un double convertisseur linéaire à 20 bits, de conception originale. En effet, il se compose d'un décodeur 18 bits monolithique combiné avec des circuits intégrés hybrides Kenwood à 2 bits. Cette configuration a permis d'obtenir une conversion beaucoup plus précise, et surtout à l'écoute une capacité dynamique accrue avec des sonorités dont la structure harmonique n'est pas modifiée. Un nouveau circuit DPAC 2 de contrôle axial des impulsions numériques, spécialement conçu par Kenwood, élimine totalement certains phénomènes de distorsion liés au jitter. Le signal en sortie est beaucoup plus pur et cela s'entend aussi. Le châssis a fait l'objet d'améliorations importantes pour obtenir une rigidité absolue (coffret à double paroi), l'isolation est assurée par de nombreux silent-blocks en caoutchouc, suspension de la mécanique par ressort hélicoïdal, circuits imprimés montés en souplesse, pieds isolants en résine élastomère. Cette haute rigidité et cette isolation multiple permettent à la lecture de s'effectuer de manière optimale d'autant plus que la construction symétrique sur le plan



mécanique minimise également de nombreux problèmes de résonance. La mécanique à moteur linéaire et centre de gravité surbaissé apporte aussi sa contribution à la précision de lecture. Les alimentations numérique et analogique sont totalement séparées pour éviter les interférences. La télécommande très complète autorise un accès direct aux plages par l'intermédiaire d'un clavier à 20 touches. Ce lecteur CD dispose de toutes les possibilités de programmation, de recherche des index. On peut aussi mettre hors tension l'afficheur numérique fluorescent pour éviter certaines perturbations. Le naturel de transcription de ce lecteur est extraordinaire. On ne peut que louer sa finesse, son sens du suivi rythmique, la facilité de compréhension des messages sonores les plus complexes. Les timbres ont une richesse harmonique remarquable, l'association de ce nouveau convertisseur avec le DPAC 2 recule très certainement de nombreuses formes de distorsions audibles. Jamais fatigant à l'écoute, le DP-8020 par rapport à son prix propose des performances musicales extraordinaires.

DP-8020. Prix indicatif : 6 990 F.

TRIO KENWOOD FRANCE 13, boulevard Ney, 75018 PARIS - Tél. 40.35.70.20

LUXMAN

LUXMAN D 107 U

vibrations très efficace. Le convertisseur double numérique-analogique est de type 18 bits. Chaque canal possède son propre convertisseur pour éliminer certains problèmes de rotation de phase. Le filtre numérique à octuple suréchantillonnage élimine tout phénomène de bruit de quantification. Les composants entrant dans la fabrication sont dûment triés et sélectionnés. Le circuit en étoile « Star » améliore beaucoup les performances de ce lecteur en matière de bruit, en fournissant à chaque composant sa propre ligne de masse et d'alimentation. La télécommande, très astucieuse, possède un réglage de volume. De nombreuses fonctions intéressantes permettent d'exploiter au mieux les superbes performances musicales de ce lecteur hybride qui apporte vraiment un superbe agrément d'écoute.



Après avoir présenté successivement les lecteurs hybrides D 105 U et D 103 U, Luxman vient de commercialiser un tout nouveau modèle : le D 107 U, version optimisée du D 105 U qui se distingue extérieurement par son affichage couleur ambre et par le graphisme en or sur sa face avant. Comme pour tous les autres lecteurs CD de la série Brid, le D 107 U utilise deux tubes dans la section analogique.

Ces tubes, à l'écoute, font toute la différence par une harmonie des timbres, une douceur de restitution toute analogique. La scène sonore prend un relief saisissant, avec une perspective extraordinaire. On ne se lasse pas d'écouter ce lecteur qui sonne « toujours juste » tout en ayant beaucoup de tenue dans le grave.

Construit avec beaucoup de soin, il est muni d'une mécanique montée sur un système anti-

D 107 U. Prix indicatif : 9 750 F.

ALPINE ELECTRONICS FRANCE 98, rue de la Belle Etoile, Z.I. Paris Nord II, BP 50016
95945 ROISSY CHARLES-DE-GAULLE Cedex - Tél. 48.63.89.89

MARANTZ

MARANTZ CD-11

Cette luxueuse platine CD fait appel à la nouvelle technologie 1 bit selon le procédé D/A Classe A, forme originale du Bitstream. Ce principe de conversion entraîne une meilleure linéarité de la fonction de transfert qui caractérise la relation entre le signal d'entrée et celui de sortie. Cependant, les ingénieurs de Marantz sont allés plus loin dans la précision et l'amélioration de cette linéarité sur les signaux de faible amplitude. Aussi, sur le CD-11, on trouve pour chaque canal un double convertisseur analogique-digital opérant en mode différentiel. Ainsi on peut obtenir la modulation directement en sortie symétrique, celle-ci est proposée sur fiche Canon XLR professionnelle ou asymétrique après un amplificateur sommateur sur les fiches Cinch. De nombreux circuits annexes au convertisseur permettent de maintenir une phase correctement respectée pour les canaux droit et gauche.



Le système est bouclé sur une référence de très haute précision afin que le signal de sortie ne soit pas affecté par la distorsion de jitter qui se traduit par des sonorités agressives dans le haut-médium aigu. La mécanique n'a pas été oubliée avec un châssis qui ne pèse pas moins de 17 kg ! Il oppose ainsi une inertie très importante contre les vibrations extérieures. De très nombreux blindages isolent les divers circuits. La mécanique, à bras galvanométrique, est montée sur un bâti en alliage d'aluminium très rigide suspendu au châssis principal. La commande d'asservissement de cette mécanique autorise un accès ultra-rapide à n'importe quelle piste. L'écoute est à la hauteur de la technologie déployée : registre grave impressionnant par sa qualité et sa fermeté, médium ultra-neutre, aigu parfaitement intégré au reste du spectre, image stéréo d'une stabilité absolue. La grande douceur dans le haut-médium aigu caractérise ce lecteur qui s'approche ainsi d'une esthétique sonore très analogique.

CD-11. Prix indicatif : 17 900 F.

MARANTZ FRANCE 4, rue Bernard Palissy, 92600 ASNIERES - Tél. 47.90.65.92

MICROMEGA

MICROMEGA TRIO

Le seul constructeur français de sources numériques propose toute une gamme de lecteurs et de convertisseurs à l'extrême pointe de la technologie actuelle sous un design ultra-moderne et avec une qualité de fabrication irréprochable. Couronnant l'ensemble de cette production, le prestigieux système Trio comprend un lecteur de haute précision, un convertisseur basé sur la dernière technologie dite 1 bit Bitstream et un coffret d'alimentation. Le lecteur Trio se distingue naturellement par son principe de chargement par le dessus à la manière d'une table de lecture analogique, dont, rappelons-le, Micromega fut le promoteur.



Le disque est recouvert par un palet presseur en kevlar avec masselotte qui annule les vibrations parasites en surface. La mécanique est une base Philips en aluminium injecté de grande rigidité. Le principe mis au point par Micromega d'opposer une très forte inertie contre les vibrations extérieures est ici appliqué sur cette mécanique. L'évacuation des vibrations s'effectue en un seul point en liaison directe avec les autres coffrets, ceux-ci étant montés de la même manière. Le convertisseur Trio BS reprend le principe 1 bit Bitstream dans une configuration propre à Micromega qui a permis de compenser les éventuelles erreurs de linéarité. Grâce à un système à boucle de phase asservie piloté par un quartz à très haute précision et bloqué sur la fréquence d'échantillonnage, la précision d'horloge est parfaite. L'étage de sortie est hyper-soigné, travaillant en classe A et intégrant le filtre Butterworth du troisième ordre spécialement étudié pour les applications audio-numériques.

Le coffret d'alimentation ne comprend pas moins de quatre transformateurs indépendants de type toroidal, chacun spécialisé pour les différentes sections afin de limiter toute interférence.

Le résultat : une remarquable image stéréophonique en trois dimensions où le relief sonore est saisissant de vérité avec une précision de lecture extraordinaire et une extrême neutralité des timbres.

Trio. Prix de l'ensemble : environ 30 000 F.

Constructeur : **MICROMEGA** 41, quai des Martyrs de la Résistance,
78700 CONFLANS-STE-HONORINE - Tél. 39.19.92.17

MOD SQUAD

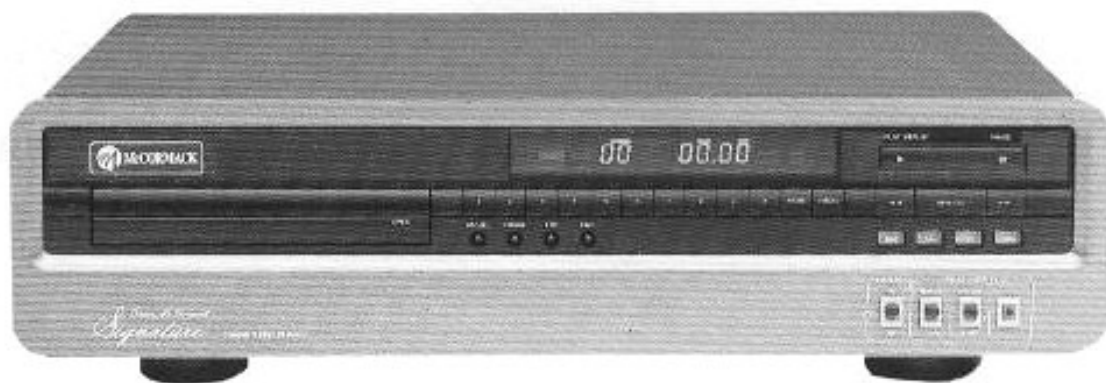
MOD SQUAD SIGNATURE

Ce lecteur CD de conception originale, a fait l'objet d'une attention toute particulière pour les détails afin de procurer une musicalité extrême.

Ainsi le décodeur utilisé, Philips TDA 1541 A S-1, a été à la base d'une sélection attentive pour ne retenir que ceux qui entraînent exactement dans le cahier des charges du constructeur.

Cette sélection est primordiale car il existe une certaine disparité entre chaque circuit intégré, disparité qui s'entend par un manque de définition.

Le Signature muni de ses deux convertisseurs 16 bits dûment sélectionnés à quadruple suréchantillonnage a permis d'atteindre des résultats en rapport signal/bruit extraordinaires



supérieurs à 105 dB avec un taux de distorsion par harmonique total inférieur à 0,002 %. La linéarité en phase est maintenue à $\pm 0,5^\circ$. Parmi les nombreuses facilités d'utilisation, signalons un niveau de sortie variable pour le signal analogique.

Contrairement à d'autres lecteurs CD, ce réglage de niveau inclut un amplificateur « buffer » avant le potentiomètre de volume. On peut mettre hors service cet amplificateur pour utiliser le réglage en passif. On peut donc attaquer sans problème de diminution de niveau dans l'aigu un amplificateur de puissance directement sans l'intermédiaire d'un préampli.

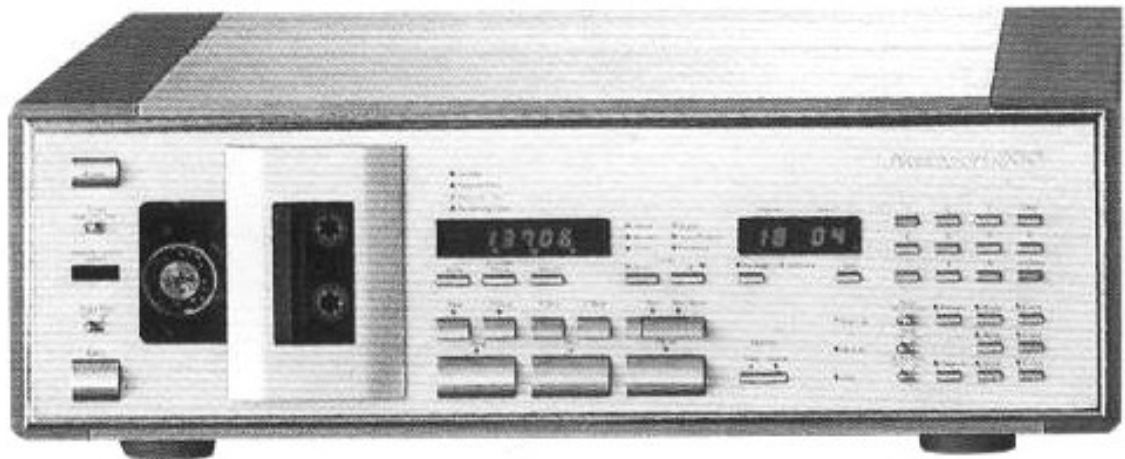
Steve Mc Cormack Signature. Prix : environ 21 900 F.

Distributeur : **C2R** 6, rue Poirier de Narcaÿ, 75014 PARIS - Tél. 45.39.44.89

NAKAMICHI

NAKAMICHI DAT 1000

Le DAT 1000 de Nakamichi est l'aboutissement de très nombreuses années de recherche sur l'enregistrement numérique. Comme pour le premier Nakamichi 1000 il y a 17 ans, qui donna ses lettres de noblesse à la platine cassette, le DAT 1000 est la référence actuelle en matière d'enregistreur lecteur en numérique sur cassette DAT. Le système DAT 1000 est composé de deux châssis : l'enregistreur 1000 DAR et le bloc convertisseur 1000 DAP. L'enregistreur 1000 DAR est équipé d'une mécanique spécifique dénommée FAST, qui dispose de blocs de guidage fixes solidaires du châssis du tambour de têtes et non pas du système de chargement. L'électronique d'asservissement liée à cette mécanique originale assure une mise en fonction en moins de 2 secondes (!) et la vitesse de rembobinage est portée à une valeur de 400 fois supérieure à la vitesse de défilement normal. Le tambour à quatre têtes rend possible le monitoring. Le bloc convertisseur 1000 DAP est de type 20 bits.



En fait, deux convertisseurs sont utilisés : le premier traite les quatorze premiers bits, de poids fort, le second les six autres bits. Le convertisseur 14 MSB est étalonné individuellement avec un convertisseur scientifique 22 bits, cela 10 fois afin de moyenner les erreurs. Le gain procuré par cette calibration est de 6 dB en distorsion. Les fréquences d'échantillonnage traitées sont 48 kHz, 44,1 kHz et 32 kHz couvrant ainsi toutes les sources numériques. Une télécommande par fil et une autre par infra-rouges sont prévues. A l'écoute, le Nakamichi 1000 se caractérise par une neutralité absolue par rapport à la source enregistrée. La copie directe en numérique à partir de la sortie d'un lecteur CD est fidèle à l'original même sur les messages très complexes. Une machine pour perfectionnistes et professionnels, une véritable référence en matière d'enregistreur numérique et aussi de convertisseur.

Prix indicatifs :
Convertisseur N 1000 P : 51 000 F
N 1000 : 61 500 F

Distributeur : **FENDER FRANCE** 6, rue Fouilloux, 94200 Ivry-s/Seine - Tél. 46.71.00.22

ONKYO

ONKYO DX-3800

Ce lecteur CD bénéficie d'un super rapport qualité d'agrément d'écoute/prix. Sa restitution sonore voluptueuse, toujours agréable, sans aucune agressivité mais tout en restant précise, enchantera les plus difficiles. La justesse des timbres est exceptionnelle sur un appareil de ce prix. Même quand cela se complique sur de grands orchestres, il conserve un pouvoir séparateur très supérieur, en faisant respirer toute la restitution sans omettre les informations d'ambiance et de réverbération. Sur les instruments à cordes, c'est certainement un des lecteurs CD qui se défend le mieux toute catégorie confondue. Cela sonne vrai en toutes circonstances et les voix ont une présence admirable. Superbement construit, avec une mécanique centrale très rapide et précise, grâce à l'action de son moteur linéaire au sein d'un bâti en acier pour reculer les résonances, cette platine est isolée du



châssis principal par une suspension flottante montée sur des amortisseurs en caoutchouc avec ressort incorporé. Le plateau porte-disque est réalisé en fonte d'aluminium pour assurer un bon placement. Le convertisseur est de type 1 bit dans une configuration spéciale, piloté par une horloge extrêmement précise et stable qui se différencie des autres systèmes par son générateur dit Super-Quartz. Ce générateur comprend un élément oscillant de taille réduite maintenu sur un support en caoutchouc amortisseur. Ainsi les caractéristiques de l'onde de sortie du quartz sont nettement améliorées. Une bobine et un condensateur compensent les éventuelles fluctuations aléatoires et momentanées à la sortie de l'oscillateur et agissent indirectement mais efficacement sur le bruit. Ce lecteur CD est équipé d'une recherche de niveau crête maximale, d'un damier pour 20 numéros de plages musicales.

DX 3800. Prix indicatif : 3 990 F.

ONKYO FRANCE Immeuble « Le Diamant », Domaine Technologique de Saclay,
4, rue René Razel, 91892 SACLAY - Tél. 69.41.35.10

REVOX

REVOX H-2

Avec sa nouvelle ligne H, Revox a revu totalement la simplicité d'utilisation des appareils audio de très haut de gamme. Le lecteur CD H-2 fait partie de cette nouvelle gamme facile à exploiter « Human Line » qui comprend aussi un intégré, un tuner, une platine-cassette, une table de lecture. Tout cet ensemble peut être piloté au choix par trois télécommandes à distance. Ces télécommandes H-8, H-208 et terminal de table H-210, répondent en fait au degré de sophistication que recherche l'audiophile pour la commande des fonctions. La plus simple est dotée d'une seule touche pour la sélection des sources et la lecture des plages du disque CD, la deuxième couvre un plus large éventail de fonctions et la troisième est un véritable pupitre interactif avec la chaîne. Elle dispose d'un large affichage à cristaux



liquides qui, en conjonction avec le lecteur CD, affiche le numéro de plage, le numéro d'index, la programmation, etc. Ainsi sur le lecteur CD H-2 on ne trouve en façade que quatre touches seulement et un afficheur numérique qui révèle le numéro de la piste que l'on écoute. On ne peut trouver plus simple. Cependant, la très luxueuse présentation cache un système à la pointe de la technologie avec l'adoption d'un convertisseur one bit bitstream monté en mode différentiel avec suréchantillonnage 256 fois. La mécanique à bras galvanométrique est découplée en trois points du châssis en acier. L'alimentation dispose de très nombreuses régulations pour fournir les différentes tensions stables séparément aux sections analogique et numérique. Ce splendide lecteur se caractérise à l'écoute par une restitution du grave très précise avec à la fois beaucoup de matière et de transparence, un médium de grande neutralité et un aigu très doux. La définition sur les petits signaux est excellente, avec une notion permanente du suivi mélodique.

CD H-2. Prix indicatif : 8 980 F.

REVOX FRANCE 14 bis, rue Marbeuf, 75008 PARIS - Tél. 47.23.55.88

SONY

SONY CDP-X 77 ES

Sony, précurseur concernant les lecteurs CD, s'est toujours tenu à la pointe de la technologie en matière de décodage pour une analyse encore plus détaillée du message numérique et son traitement optimal. Ainsi, avec la dernière génération de la série ES, Sony est-il allé encore plus loin avec le CDP-X 77 ES en adoptant un convertisseur numérique/analogique 1 bit Pulse de sa conception. Ce système élimine pratiquement toutes les sources d'erreurs ainsi que les phénomènes de « glitch » et distorsions différentielles non linéaires dont sont entachés les convertisseurs multibits. Ainsi, dans tous les processus de décodage, l'information est-elle mieux traitée avec naturellement une écoute d'une vérité impressionnante que ce soit en matière de qualité des timbres et de stabilité des plans sonores. La richesse de la restitution et la précision des attaques atteignent des sommets.



Le Sony CDP-X 77 ES est équipé d'un système de conversion linéaire à haute densité avec convertisseur 1 bit Pulse, filtre numérique 45 bits, filtre de remise en forme du bruit, synchronisation numérique directe. Afin d'éviter toute perturbation du numérique sur l'analogique, les alimentations sont totalement séparées à partir de deux transformateurs. La mécanique, pour un accès ultra rapide et une grande précision de lecture, est à moteur linéaire. Parmi les très nombreuses particularités de construction, on peut signaler : une base en aluminium anti-vibrations, un châssis plaqué cuivre anti-résonnant, des sorties digitales coaxiale/optique et analogique symétrique. Les fonctions regroupent : l'accès direct à vingt plages, cinq modes de lecture, le fondu manuel, la programmation selon divers modes. Rien n'a été oublié par Sony pour faciliter l'utilisation et procurer un plaisir musical dont on ne risque pas de se lasser.

CDP-X 77 ES. Prix public : 14 500 F.

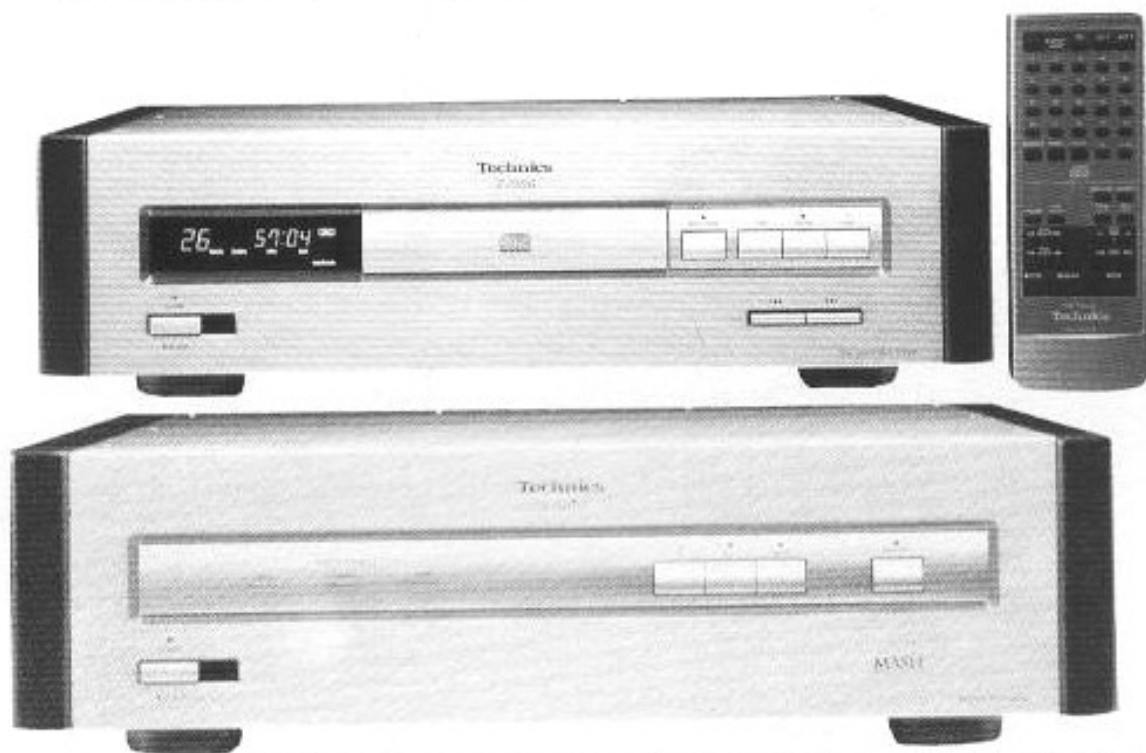
SONY 15, rue Floréal, 75017 Paris - Tél. (1) 40.87.30.00

TECHNICS

TECHNICS SL-Z 1000/SH-X 1000

Ces deux luxueux appareils de très haut de gamme, lecteur et convertisseur, sont l'aboutissement de nombreuses années de recherches de la part de Technics sur la lecture et le traitement des signaux audio-numériques. La platine lectrice SL-Z 1000 ne comprend pas de convertisseur. Elle fournit les signaux numériques au convertisseur indépendant SH-X 1000 par l'intermédiaire de deux sorties par fibre optique. Sa construction à mécanique centrale anti-résonnante et anti-vibrations fait appel à une suspension flottante hautement efficace pour assurer une bonne isolation contre la transmission par voie aérienne ou solide de vibrations parasites.

La disposition des circuits est symétrique pour les voies droite et gauche. De plus, deux transformateurs indépendants s'occupent l'un des circuits d'asservissement et l'autre des circuits numériques. Le moteur d'entraînement direct sans balai possède un couple élevé



pour maintenir une excellente stabilité de vitesse et un accès ultra-rapide. Le bloc diodes-faisceau laser est muni d'un objectif de grande précision à lentille moulée. Le capteur est monté sur un moteur linéaire à très haute vitesse de réaction. La correction d'erreurs s'effectue par interpolation sur huit échantillons.

Le convertisseur SH-X 1000 est équipé de circuits de mise en forme du bruit MASH qui élimine le bruit résiduel numérique qui altère la conversion du signal numérique/analogique. Ce type de convertisseur 1 bit apporte une très grande précision d'analyse. Un circuit de suppression de jitter élimine les problèmes d'instabilité liés à ce type de conversion. Il peut naturellement décoder les trois types de sources numériques, CD, DAT et satellite. De nombreuses entrées et sorties sont prévues. Les alimentations sont séparées pour les circuits numériques et analogiques pour éviter certains problèmes de pollutions et aussi de vibrations qui ont une influence sur la transparence et le naturel de l'écoute. Des sorties symétriques s'effectuent sur connecteur XLR. Cet ensemble de très haut de gamme bénéficie d'une luxueuse présentation avec des panneaux latéraux en bois et une façade anodisée or. Toutes les fonctions sont naturellement télécommandables avec l'accès direct aux plages à partir de la télécommande.

SL-Z 1000 + SH-X 1000. Prix indicatif : 80 000 F.

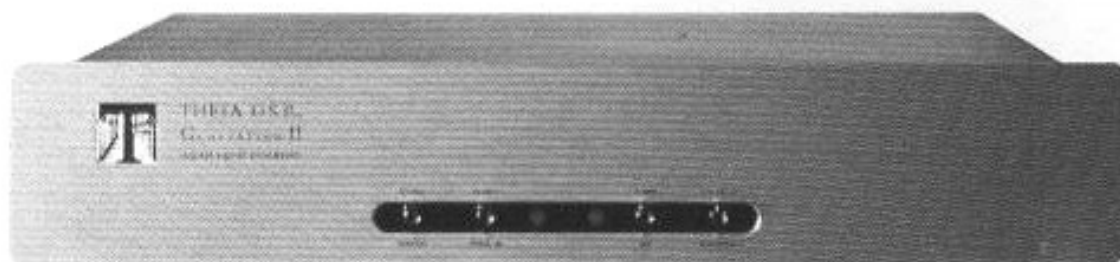
PANASONIC FRANCE BP 63, 93151 LE BLANC-MESNIL Cedex
Tél. 48.65.44.66

THETA

THETA DIGITAL DSPRO²

Depuis peu de temps, cette firme fait parler d'elle aux Etats-Unis en proposant toute une série de convertisseurs et de préamplis convertisseurs hautement évolués. Les ingénieurs de cette firme ont revu chaque section du convertisseur numérique-analogique en apportant des solutions originales pour chacune d'elles afin de résoudre les problèmes rencontrés jusqu'à ce jour.

Ce convertisseur peut traiter aussi bien les signaux en provenance d'une platine CD, laserdisc, PCM ou DAT. Universel d'utilisation, il propose une écoute remarquable, très douce, très analogique avec une très belle image stéréo en profondeur qui rapproche ainsi des performances obtenues en analogique. Il dispose de deux entrées coaxiales numériques, d'une sortie numérique coaxiale, et de sorties analogiques symétriques et asymétriques.



On peut sélectionner en façade l'entrée numérique ainsi que la phase absolue (0°/180°) et l'algorithme de décodage CD/DAT.

Il bénéficie de quatre alimentations séparées, l'une pour les circuits purement numériques, la seconde pour l'étage d'entrée numérique, la troisième pour le circuit de réduction de jitter et l'horloge, la dernière pour les microprocesseurs d'interpolation. Le circuit de conversion numérique-analogique est d'origine Analog Device 18 bits et on trouve deux circuits de ce type par canal. Le filtre numérique est de type 8 fois la fréquence de suréchantillonnage.

L'algorithme d'interpolation fait appel à deux circuits spécialisés, l'un pour la fréquence d'échantillonnage 44,1 kHz (lecteur CD) et l'autre pour 48 kHz (lecteur DAT). Cet algorithme est mis en mémoire dans un circuit programmable EPROM, ce convertisseur peut ainsi évoluer sans problème.

Digital DSPRO². Prix : environ 29 000 F.

Distributeur : **CONRAD-JOHNSON FRANCE** 35, Square des Marronniers, 78870 BAILLY -
Tél. 34.62.56.94

WADIA

WADIA DIGITAL 2000

Ce convertisseur, vous le connaissez déjà, il a reçu notre distinction suprême, les Muses d'Or dans notre numéro de septembre 89. Ce convertisseur super-calculateur a enthousiasmé les critiques du monde entier. Il est le seul à reproduire un tel impact dans le grave et le haut-grave sans aucune trace de distorsion, ce superbe « filé » entre les notes, ce sentiment de plénitude permanent grâce à des subtilités sonores qui passent totalement inaperçues avec un grand nombre d'autres convertisseurs, même de très haut de gamme. Il respecte les structures harmoniques complexes des timbres jusque dans l'extrême-aigu avec une absence totale de grains parasites. La beauté sonore révélée par ce convertisseur sans compromis est permanente et prouve que les sources numériques contiennent en fait un nombre incroyables d'informations musicales et qu'il fallait simplement les exploiter correctement.

L'approche des circuits Wadia est différente de celle des autres convertisseurs. Elle repose sur l'élimination du filtre à pente raide dans le traitement numérique audio. Pour contourner ce problème, Wadia a développé un algorithme dénommé French Curve qui fait appel à une fonction polynômiale du douzième ordre. Ainsi recalculée, l'intégralité du signal



équivalra à un suréchantillonnage de 64 fois. Pour obtenir ce résultat, il a fallu faire appel à une architecture de calculateur directement issue des machines les plus sophistiquées dans ce domaine. Ensuite, des blocs convertisseurs logés dans des coffrets aluminium pesant plus d'un kilo ont été développés par ce constructeur. Il s'agit de modèles ultra-linéaires 18 bits de type transversal. Ainsi, ce convertisseur peut décoder non seulement les signaux en provenance de platines lectrices CD mais aussi de DAT avec un maximum de précision. En entrée, on trouve le circuit « Digilink 30 » qui sélectionne les trois formats numériques. Le rôle de cette unité est de transformer le signal numérique électrique en un signal numérique optique qui est dirigé au travers d'un jeu de lentilles très précises vers une liaison fibre optique réellement de qualité professionnelle. Le module récepteur travaillant avec le convertisseur utilise des composants de très haute précision. Sur les convertisseurs, on dispose de sorties symétriques et asymétriques sans passer par aucun circuit buffer. Ce super-calculateur convertisseur de technologie de pointe a ouvert la voie vers une autre approche du traitement du signal numérique audio.

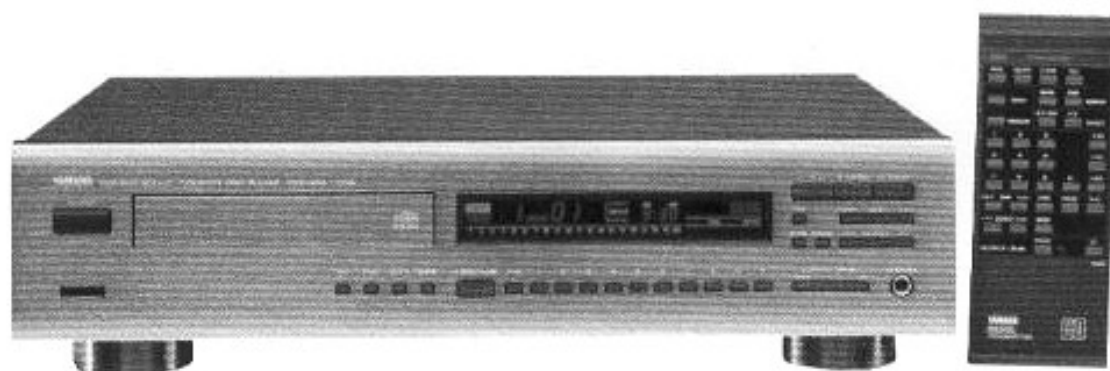
Digital 2000. Prix indicatif : 72 000 F.

Distributeur : **TETRA** Le « Cima Bella », 4, avenue Comte Edwin Garin, 06000 NICE
Tél. 93.53.30.90

YAMAHA

YAMAHA CDX-930 RS

Yamaha a été l'un des pionniers du numérique et l'un des rares constructeurs à concevoir et à réaliser ses propres circuits de conversion, ses propres filtres numériques. Il maîtrise ainsi toute la chaîne de conversion sans avoir affaire à des sous-traitants extérieurs. Le tout nouveau CDX-930 RS fait appel à la technologie Yamaha dite S-Bit comprenant : un filtre de mise en forme du bruit de type troisième ordre pour réduire les bruits de quantification, un convertisseur numérique-analogique 1 bit à haute vitesse de traitement PWM 768 fs, pour une grande précision de conversion et un double système processeur symétrique. Le filtre passe-bas actif rejette toute fréquence indésirable en dehors de la plage audio. L'alimentation a été vue avec le plus grand soin pour éliminer les problèmes d'interaction entre les divers étages. La section mécanique, très perfectionnée, à moteur



linéaire à grande vitesse instantanée, permet un accès direct et rapide à n'importe quelle plage. Le châssis anti-vibratoire et anti-résonnant ainsi que la mécanique en aluminium et le système de suspension avec écoulement des vibrations en un point facilitent la précision de lecture.

A signaler que la commande de volume est de type numérique aussi bien pour le niveau de sortie que pour la modulation sur la prise casque. Les possibilités d'exploitation sont pour ainsi dire infinies avec 25 sélections, lecture sélective, fichiers programmes, cinq modes de répétition, reproduction différée, etc. A l'écoute cette nouvelle génération de lecteurs CD se caractérise par une grande précision d'analyse des micro-informations ainsi qu'une extrême neutralité des timbres, maintenant une image stéréo très large grâce à un excellent respect de la phase.

CDX-930. Prix indicatif : 3 900 F.

YAMAHA ELECTRONIQUE FRANCE SA 17, rue des Campanules Lognes,
77321 MARNE-LA-VALLEE Cedex 2 - Tél. 60.17.44.00

KRELL

KRELL MD-2 et SBP-32X

Krell vient de proposer aux perfectionnistes, après la table de lecture numérique MD-1 sans compromis, un modèle un peu plus abordable, la MD-2. Celle-ci reprend le principe de chargement par le dessus, la suspension très efficace pour une isolation maximale et dispose de deux sorties numériques, une de type coaxial et une sur fibre optique. La mécanique de transport, d'origine Philips CDM-1 MK2, est en alliage d'aluminium. Le



décodeur numérique-analogique SBP-32X échantillonne, comme son nom l'indique à 32 fois la fréquence de base. Il dispose de ses propres calculateurs programmés selon un algorithme qui est la propriété de Krell et qui apporte naturellement une très haute définition. Un lecteur et un processeur numérique de très haut de gamme qui vont plus loin dans l'analyse des signaux numériques et leur traitement.

Platine MD-2. Prix : environ 28 000 F

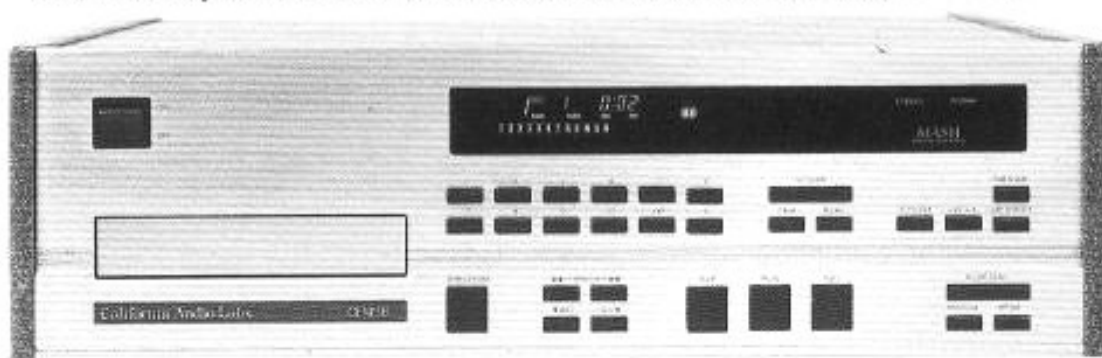
Convertisseur SBP 32X. prix : environ 42 000 F

Distributeur : **AUDIO QUARTET 2**, rue de Penthièvre 75008 PARIS - Tél. 47.42.04.05

**CALIFORNIA
AUDIO LABS**

C.A.L. GENESIS

Ce constructeur américain est réputé pour ses lecteurs CD à section analogique à tubes. Il vient de compléter sa gamme par une nouvelle génération de lecteurs CD. Le premier modèle Genesis renferme de très nombreuses innovations technologiques dont un circuit de conversion 1 bit MASH en conjugaison avec un circuit de mise en forme du bruit de troisième ordre. De construction modulaire, le Genesis dispose de cartes enfichables. Ainsi, la carte de calculs et de contrôle des signaux numériques peut être interchangeable et peut ainsi dans le futur évoluer suivant l'apport des nouvelles technologies. Cela permettra une



mise à jour ultra rapide et complète des circuits numériques. Pour la section analogique du Genesis on retrouve le principe de construction à partir de composants discrets et non de circuits intégrés. Il est équipé de sorties symétriques véritables doublées par les sorties classiques Cinch asymétriques. La sortie digitale optique est très soignée. Les résultats d'écoute de ce lecteur CD « évolutif » sont tout à fait dans la ligne d'esthétique sonore des prestigieux modèles à tubes.

Genesis. Prix indicatif : 24 500 F

Distributeur : **AUDIO QUARTET SA 2**, rue de Penthièvre 75008 PARIS - Tél. 47.42.04.05

ROTEL

ROTEL RCD 865-BX

Rotel a toujours été le champion du rapport qualité d'écoute/prix. Le lecteur RCD 865 n'échappe pas à cette philosophie. Il propose, sous une esthétique élégante, une mécanique extrêmement fiable en liaison avec un système de décodage numérique-analogique 1 bit Bitstream.

Ce principe de fonctionnement permet d'obtenir une meilleure linéarité et une plus grande définition sur les petits signaux de faible amplitude. Pour ce faire, le circuit décodeur intègre



un filtre numérique qui procède au quadruple suréchantillonnage, le convertisseur proprement dit qui fonctionne à une vitesse de 256 fois la fréquence d'échantillonnage et un étage convertisseur courant/tension. Il se caractérise à l'écoute par une lisibilité maximale des petites informations ainsi qu'une excellente transcription des timbres. Le pouvoir d'analyse est conservé même sur les grandes formations avec un point commun à tous les Bitstreams : une extrême stabilité de l'image stéréo. Un remarquable lecteur proposé à un prix très abordable et dont on appréciera aussi la grande souplesse d'utilisation.

RCD 865-BX. Prix : environ 4 390 F.

Distributeur : ATL 171-173, avenue André Maginot, 94400 VITRY-SUR-SEINE - Tél. 45.73.00.57

MADRIGAL PROCEED

Ce lecteur CD a une configuration très originale, aussi bien pour son châssis, sa mécanique que son convertisseur. Sa conception modulaire lui permet d'être remis au goût du jour sans aucun problème. Les circuits sont disposés judicieusement à angle droit pour éviter les interférences. L'alimentation, extrêmement complexe, est subdivisée en deux, l'une exclusivement pour le numérique et l'autre pour l'analogique. La mécanique, à bras galvanométrique monté sur châssis en aluminium injecté très rigide, est suspendue de manière originale par un système tripode pour un excellent découplage mécanique. Le système de conversion fait appel à deux circuits 18 bits indépendants de haute précision spécialement triés avec filtre digital à suréchantillonnage 8 fois. Le filtre analogique a été étudié pour tenir une parfaite linéarité en phase jusqu'à 40 kHz.

Deux autres nouveautés viennent d'être développées : le lecteur seul, Transport Proceed, qui reprend les caractéristiques de base de la mécanique Proceed et le convertisseur Proceed encore plus sophistiqué qui peut fonctionner conjointement avec l'ensemble Proceed. Le Proceed se caractérise par une image stéréo hyper large, une mise en place précise des interprètes, une profondeur étonnante débouchant sur des arrières-plans bien définis.



Prix indicatifs :
Proceed : 18 500 F.
Transport Proceed : 16 000 F.
Convertisseur Proceed : 14 500 F.

Distributeur : EUROPE AUDIO DIFFUSION 89200 MARRAULT - Tél. 86.33.01.09

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

UN AMPLIFICATEUR SANS COMMUNES MESURES

L

*« La seule mesure en amour, c'est la démesure ».
Saint Augustin est clair, l'amour ne se mesure pas,
il est infini ou il n'est pas. La beauté ne se mesure pas
davantage, malgré les degrés que nous savons lui donner
et malgré les folles enchères d'un marché de l'art malade
de la spéculation.*

*La haute-fidélité est, comme son nom l'indique,
un art de reproduction. Il ne s'agit pas de création
mais d'imitation.*

*Il est fait référence à un modèle qu'il faut reproduire
avec le moins d'erreurs possibles. Et l'écart par rapport
au modèle, indépendamment de ses effets émotionnels
ou de son impact esthétique, se prête bien à une mesure.
Le vrai problème est donc de trouver une mesure,
une bonne mesure qui mesure tout et qui,
dans la mesure du possible, sache faire la part des choses.*

Après tout le mal que nous avons dit des mesures traditionnelles, d'aucuns pourront s'étonner de l'importance que nous leur donnons ici et être consternés de l'accroissement de sensibilité que nous avons recherché dans leur mise en œuvre après l'avoir sévèrement condamné ailleurs.

La contradiction n'est qu'apparente : le reproche que

nous faisons aux mesures traditionnelles, c'est de ne pas tout mesurer. Elles font implicitement (sans la vérifier) l'hypothèse que la fonction de transfert des circuits mesurés est fixe et cherchent à définir les caractéristiques que cette fonction de transfert fixe donne au circuit mesuré. Mais si aucune précaution n'est prise, cette fonction de transfert peut varier de manière significa-

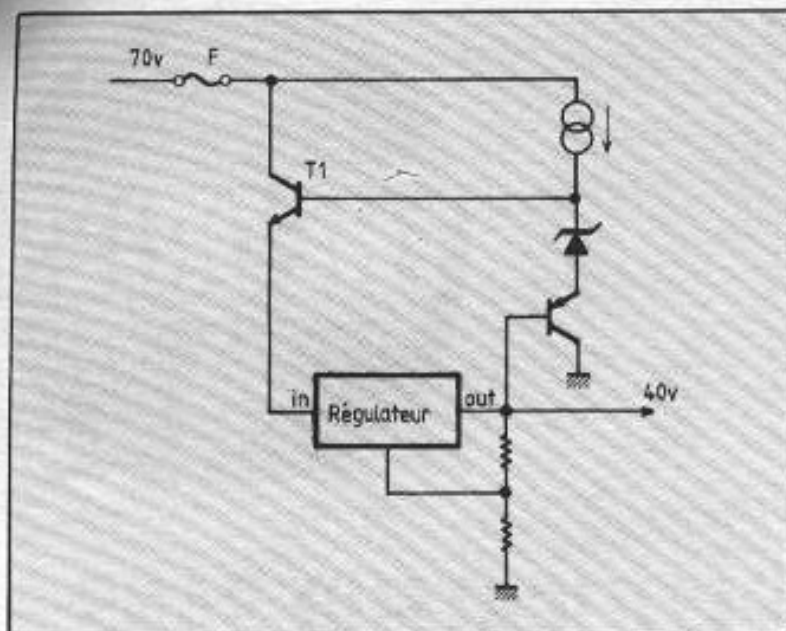


Fig. 1 :
Schéma
de principe
initial des
alimentations
40 V.

tive à la suite de distorsion thermique ou de variation des alimentations (ces phénomènes étant amplifiés par un usage immodéré et irréfléchi de la contre-réaction). Et les mesures traditionnelles, non seulement ne mettent pas ces variations en évidence, mais les ignorent, se contentant de caractériser une fonction de transfert particulière. On comprend aisément alors la portée limitée du résultat de telles mesures et pourquoi les chiffres obtenus, reflète partiels d'une réalité plus complexe, ne correspondent pas aux résultats de l'écoute ; celle-ci est faite avec des signaux musicaux d'amplitude continuellement variable, sollicitant d'autres fonctions de transfert que celle mesurée avec les signaux de test stables utilisés par les mesures.

Conscient de ces problèmes, nous les avons pris en compte dans la conception des circuits de notre amplificateur. Malheureusement, aucune mesure n'est là pour sanctionner les résultats de cette recherche de stabilité ; la métrologie classique ignore cet aspect du comportement des circuits électroniques et nos recherches dans la définition d'un tel appareil de mesure n'ont pas encore abouti.

Mais nous avons assez confiance dans notre conception

pour penser que la stabilité obtenue est suffisante pour redonner toute leur valeur aux mesures traditionnelles puisque nos circuits satisfont sûrement l'hypothèse de stabilité de la fonction de transfert. Cela légitime l'accroissement de sensibilité pour les mesures de distorsion harmonique, que nous obtenons en branchant un analyseur de spectre sur la sortie distorsion du distorsiomètre. Outre la meilleure sensibilité que donne la possibilité d'aller chercher les composantes harmoniques dans le bruit, nous obtenons une meilleure analyse de la distorsion par sa décomposition en ses différentes composantes spectrales.

Dans l'exposé d'aujourd'hui, nous verrons les résultats des mesures faites sur les circuits de notre amplificateur qui vous a été présenté dans le n° 11 (nouvelle série) de L'Audiophile, ainsi que les processus de réglage de ces circuits. Mais nous n'avons pas voulu que cet exposé soit un remake inutile des comptes rendus que nous avons fait dans les nos 5 et 9 (nouvelle série) de L'Audiophile et nous l'avons plutôt conçu comme un complément qui montre les évolutions de la mesure, les améliorations de certains circuits et le nouveau circuit.

Nous verrons donc les problèmes rencontrés, le principe du réglage et sa mise en œuvre (c'est un point important et novateur de notre étude), puis les résultats de linéarité obtenus pour chaque étage. Le troisième volet de cette présentation de notre premier prototype d'amplificateur sera consacré aux mesures en boucle fermée et aux essais subjectifs.

Problèmes rencontrés

Ils sont principalement liés à la sécurité des circuits : ceux-ci ont été conçus avec un souci presque maladif de linéarité et de stabilité et les problèmes de sécurité n'ont pas été bien vus. Les hasards de l'expérimentation ont mis cruellement en lumière ces défauts de conception, nous avons dû introduire quelques modifications qui protègent les circuits sans nuire aux qualités recherchées (cela n'a évidemment pas simplifié nos schémas). Les autres modifications sont mineures : évolutions de composants et modifications des ajustages des sources de courants. Mais nous reviendrons sur ces deux points.

Ces évolutions nous ont fait apprécié la technologie de câblage pseudo-circuit imprimé que nous avons retenue. Au prix d'un travail, certes fastidieux, nos circuits restent très souples pour les évolutions et, finalement, très proches d'une solution plus industrielle (de vrais circuits imprimés), ils permettent de prendre en compte les phénomènes parasites qui manqueraient pas d'intervenir dans une telle réalisation.

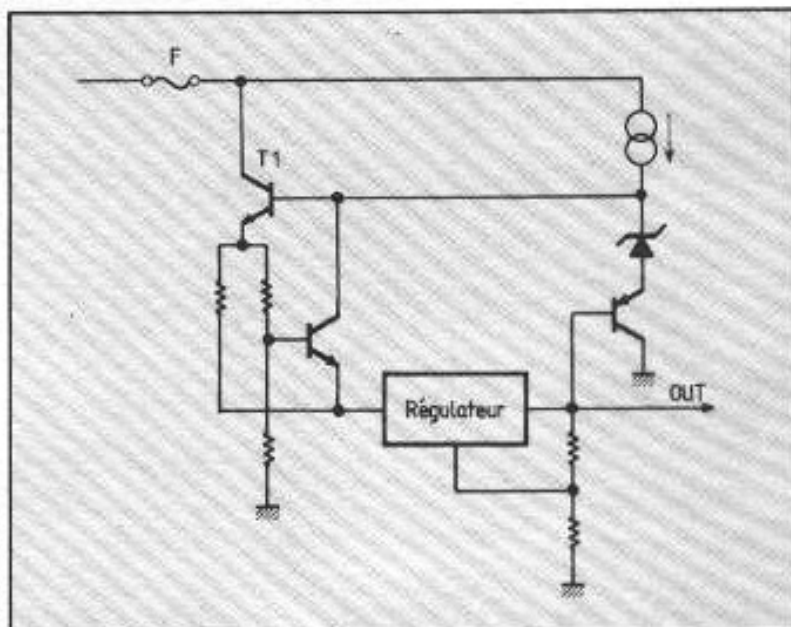
Pour illustrer d'un seul exemple ces problèmes de sécurité et parce que nous avons donné son schéma dans une figure (n° 11 page 58) lors de notre dernier exposé, nous pouvons examiner les alimentations 40 V et leur appliquer pour comprendre un incident réel, une technique qui est utilisée pour les électroniques très sophistiquées, comme celles

utilisées dans les applications spatiales : l'analyse de propagation de panne.

La figure 1 nous redonne le schéma incriminé. Il semble très intéressant : l'utilisation d'un montage cascode permet d'utiliser les versions courantes du régulateur au lieu de la version haute tension qui serait nécessaire (cette dernière supporte une tension plus élevée entre l'entrée et la sortie) car en cas de court-circuit, le régulateur se bloque et toute la tension d'entrée se retrouve à ses bornes. Cette version haute tension est plus chère et plus difficile à obtenir. L'utilisation du montage cascode permet en outre d'isoler le régulateur des fluctuations de la tension d'entrée et on obtient une meilleure régulation vis-à-vis de ces fluctuations.

En plus, une certaine paresse intellectuelle m'a conduit à penser que cette alimentation était protégée contre les courts-circuits puisque le circuit régulateur est protégé contre eux. En fait, il n'en est rien, la protection du régulateur repose sur la surveillance de la température de sa puce : en cas de court-circuit, le transistor de sortie s'échauffe mais son échauffement déclenche une sécurité électronique qui coupe le courant de sortie. Dans le cas de notre montage, la dissipation est surtout assurée par T_1 et, en cas de court-circuit, rien ne limite sa dissipation et la puce fond ; le régulateur prend alors la relève pour la dissipation et quand sa sécurité agit, bloque le courant de sortie. Mais le régulateur ne sait pas supporter toute la tension qui est à ses bornes, il claqué en tension et est détruit à son tour avant que le fusible ne se décide à fondre. Quand cela nous est arrivé, la destruction du fusible a révélé le court-circuit et après la disparition de celui-ci et le remplacement du fusible, à la remise en route, la destruction de T_1 et du régulateur a envoyé dans les circuits de l'amplificateur une

Fig. 2 :
Modification
des
alimentations
40 V.



tension d'environ 70 V qui a semé la destruction et la désolation. Cette cuisante leçon nous a fait perdre beaucoup de temps en réparations et reréglages.

Bien sûr, nous avons fait évoluer le schéma des alimentations 40 V pour qu'elles soient réellement protégées contre les courts-circuits : le schéma de la figure n° 2 montre la sécurité très classique qui a été ajoutée autour de T_1 et qui le protège en cas de court-circuit, en limitant le courant à une valeur faible qui ne conduit pas à la destruction du transistor par suréchauffement (sécurité en Z).

Principe des réglages

Il s'agit des réglages d'offset pour chaque étage. Nous vous avons déjà exposé notre philosophie qui consiste à traiter indépendamment l'offset d'entrée et l'offset de sortie. En effet, pour obtenir les meilleures performances de distorsion, il faut travailler au point d'inversion de pente de la fonction de transfert différentielle de chaque circuit et bien sûr y rester. Pour y arriver, le moyen le plus sûr est de corriger séparément les deux offsets ; régler l'offset d'entrée c'est obtenir qu'une tension différentielle d'entrée nulle conduise le circuit au point d'inversion recherché.

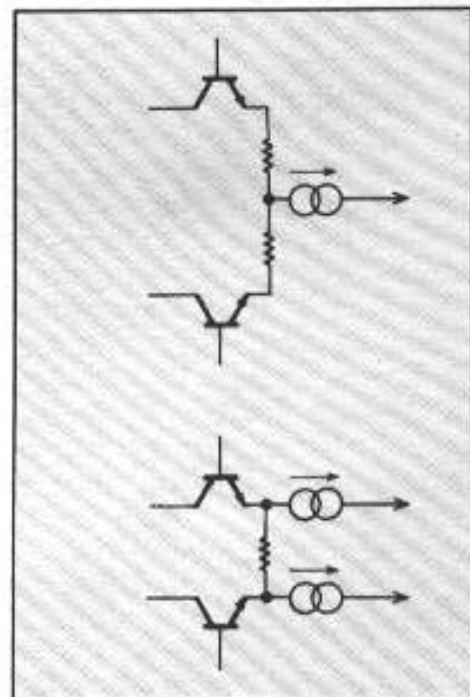


Fig. 3 : Les deux polarisations en courant possibles pour un différentiel.

Régler l'offset de sortie, c'est obtenir que ce point de repos produise une tension différentielle nulle à l'entrée de l'étage suivant, cet étage suivant étant le même circuit dans le cas d'une boucle de contre-réaction. En général, cette distinction n'est pas faite et il y a un seul réglage pour annuler la tension en sortie de l'amplificateur, cette tension ayant peu d'impact sur les performances de linéarité. On a même vu, il y a quelques années, une mode qui a conduit beau-

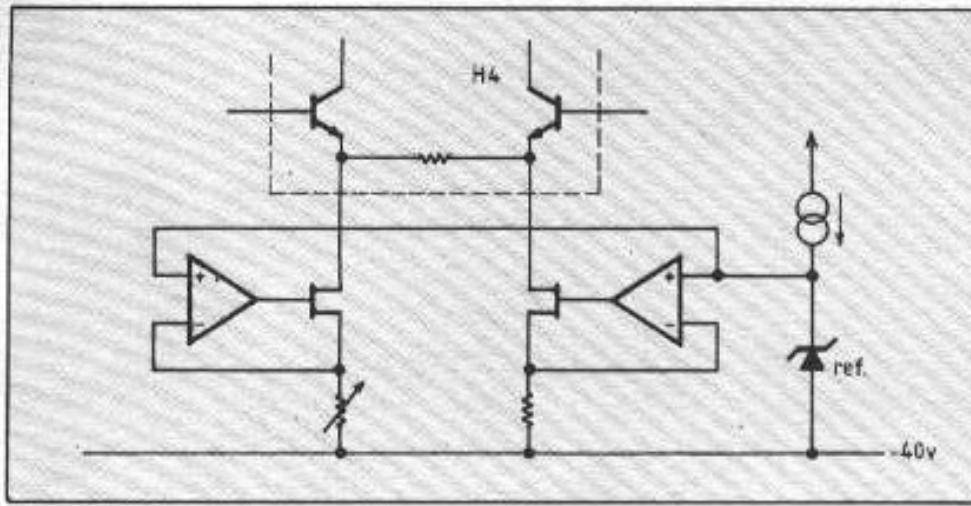


Fig. 4 : Ajustage d'offset d'entrée initialement retenu.

coup de constructeurs d'amplificateur japonais à rivaliser d'astuces pour annuler cette tension de sortie.

On peut concevoir deux types de réglages de l'offset d'entrée. Ils sont liés au nombre de sources de courant du circuit différentiel. La figure n° 3 montre les deux possibilités. La structure à une source de courant utilise moins de composants et est souvent préférée dans les montages à éléments discrets. Le réglage est obtenu en agissant sur un potentiomètre qui distribue le courant entre les deux branches du circuit différentiel.

La structure à deux sources demande plus de composants et est souvent retenue dans les circuits intégrés : on y est moins regardant sur le nombre de composants et la réalisation d'une fonction potentiomètre y est complexe, alors qu'une résistance ajustable est facile à réaliser. Nous avons retenu cette solution car, dans notre montage, la résistance d'émetteur n'est pas prise en compte par la linéarisation ; nous la considérons donc comme critique. L'utilisation d'un potentiomètre comme résistance d'émetteur (structure à une seule source de courant) conduit à utiliser des technologies peu satisfaisantes : les dépôts en composés carbone ou en céramique chargée métal (cermet) ne semblent guère

linéaires et les fils métalliques bobinés sont bien encombrants et plutôt selfiques.

Dans l'autre structure, nous avons deux réglages possibles ; nous avons retenu la solution qui consiste à avoir une source fixe et l'autre ajustable (voir la figure n° 4). Dans ce cas, on peut considérer que les variations de courant de la source ajustée se retrouvent en sortie de la branche correspondante et que la tension V_{BE} du transistor correspondant est modulée par ces variations. On peut donc, par ce réglage, compenser un déséquilibre entre les caractéristiques des deux transistors du différentiel.

Dans notre maquette, qui était très souple, nous n'avons pas eu de soucis ; avec le circuit pseudo-imprimé du prototype, nous avons dû modifier nos dispositions initiales. Avec le premier étage qui attaque en différentiel les deux circuits du second étage, pas de problème. Pour le second étage, il faut bien choisir la source de courant à ajuster (voir la figure n° 5), car c'est le courant de repos de sortie qui fixe le potentiel de travail de l'étage suivant : une petite variation est possible car elle peut être compensée par le réglage d'offset de sortie. Mais un courant trop important n'est pas compatible avec la tension d'alimentation alors qu'un courant trop faible réduit la dynamique de sortie de l'amplificateur. Dans notre réalisation initiale, nous avons fait le mauvais choix pour un des deux circuits du second étage.

Dans le troisième étage, c'est encore plus critique, car il n'y a pas de réglage possible de l'offset de sortie par principe (pour réaliser un tel réglage, il faudrait ajouter une source de courant en parallèle avec la sortie) ; nous avons donc dû jouer sur les deux sources de courant de chaque circuit du troisième étage pour

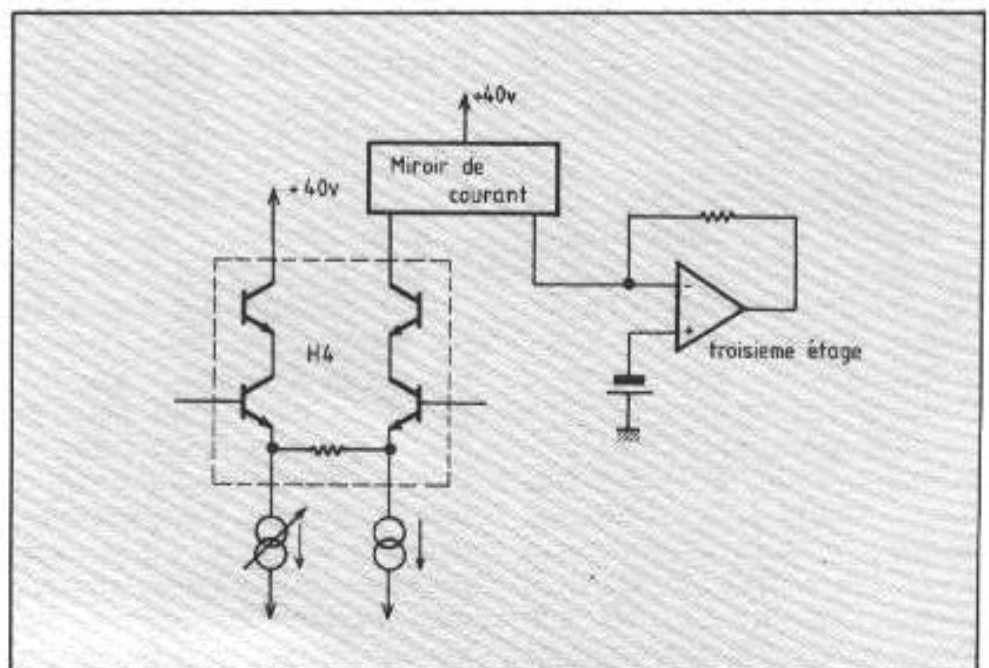


Fig. 5 : Ajustage du second étage.

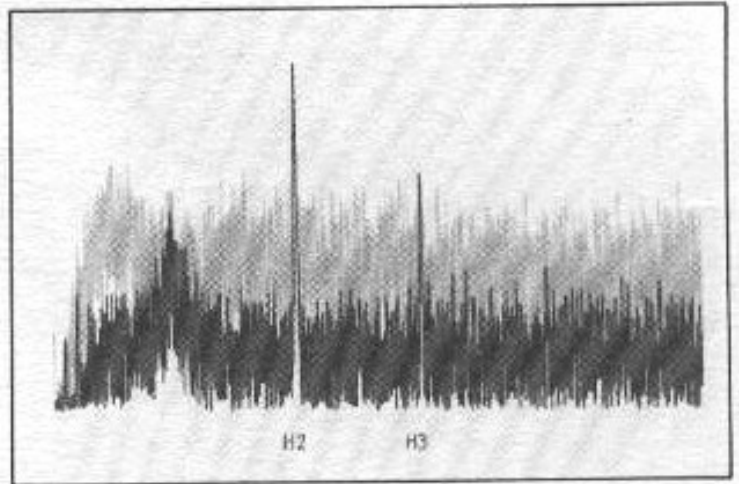
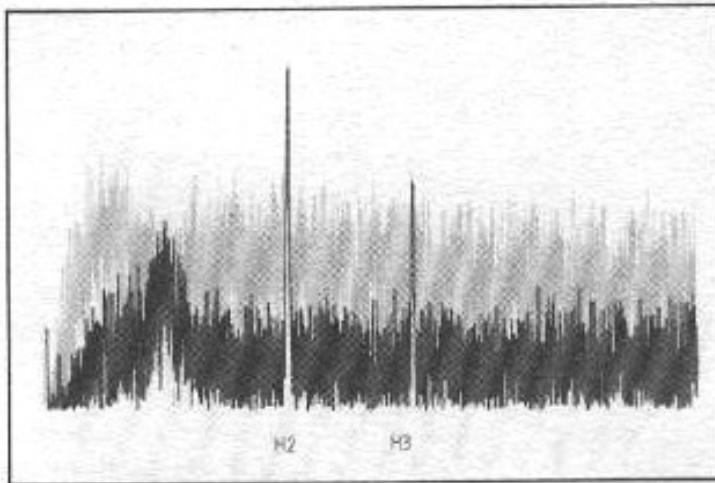


Fig. 6 : Deux spectres de distorsions pour deux valeurs différentes du réglage d'offset. Les spectres des deux sorties sont superposés ($V_{out} = 3,5 V$, $1 kHz$).

obtenir un offset d'entrée nul et la bonne valeur du courant de repos en sortie.

Mesure du premier étage

Cet étage est un des plus critiques d'un amplificateur car, comme nous l'avons vu, ses propres distorsions ne sont pas corrigées par la boucle de contre-réaction. Sur la maquette, la distorsion mesurée sur chacune des deux sorties n'étaient pas identiques et ce déséquilibre nous gênait. En étant plus sévère sur le choix des composants (changement de type et meilleur appariement), nous avons pu obtenir des distorsions identiques en sortie. Restaient des différences sur le niveau de bruit et sur le gain en mode commun mais les performances ainsi obtenues nous ont semblé satisfaisantes.

Dans l'amplificateur avec un circuit d'entrée classique (une simple paire différentielle), l'offset d'entrée est très critique et nous avons vu avec la maquette comment cet offset jouait sur les performances de distorsion (prédominance d'harmonique 2 ou 3) ; ici, les évolutions de choix des composants ont conduit à un circuit dans lequel l'offset a peu d'influence sur la distorsion (voir les spectres de la figure n° 6). Ce résultat surprenant s'explique simplement : la com-

pensation des distorsions internes est si performante que la principale source de distorsion du circuit se trouve dans les transistors base commune de sortie (voir la figure n° 7) et leurs distorsions sont peu sensibles au réglage d'offset. Finalement, nous avons retenu comme réglage pour cet étage celui qui annulait la tension de sortie. Ce réglage conduit aux performances de distorsion de la figure n° 8. Pour un étage qui présente un gain de 40 dB et une bande passante de presque 10 MHz ces performances sont peu ordinaires.

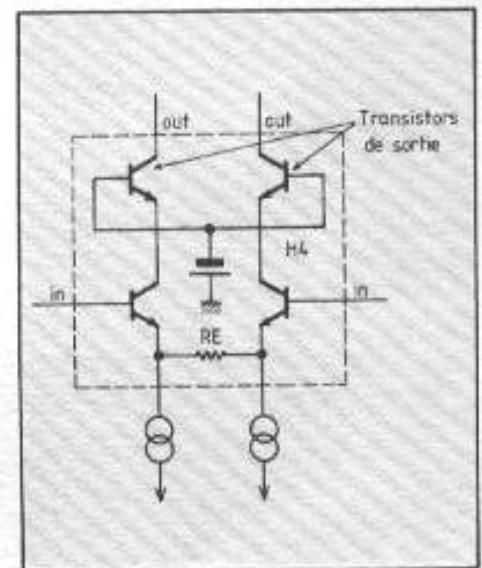


Fig. 7 : Principale source de distorsion du premier étage.

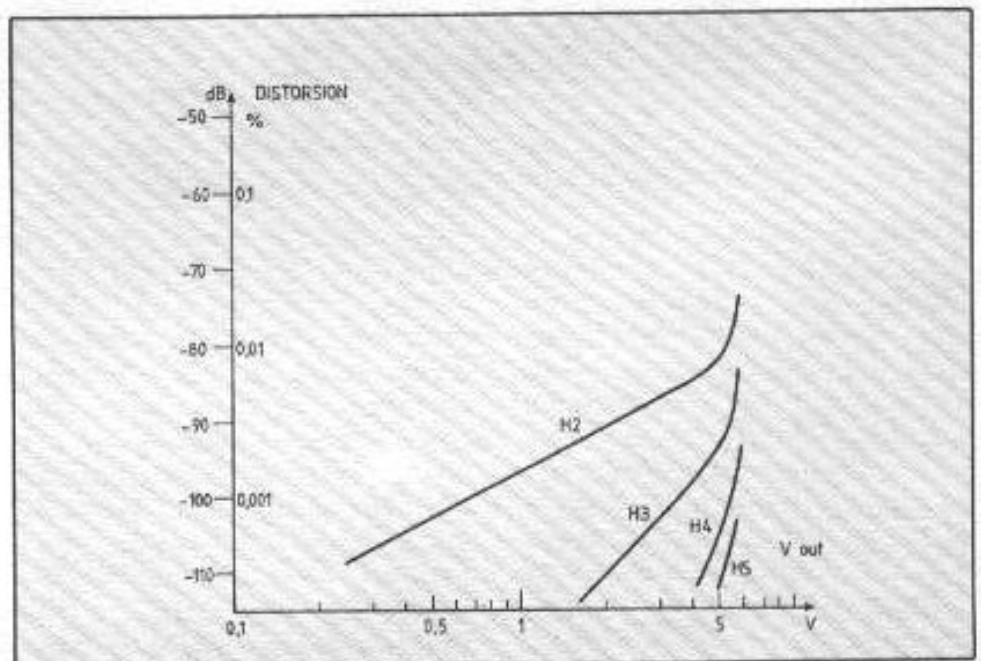


Fig. 8 : Distorsion du premier étage.

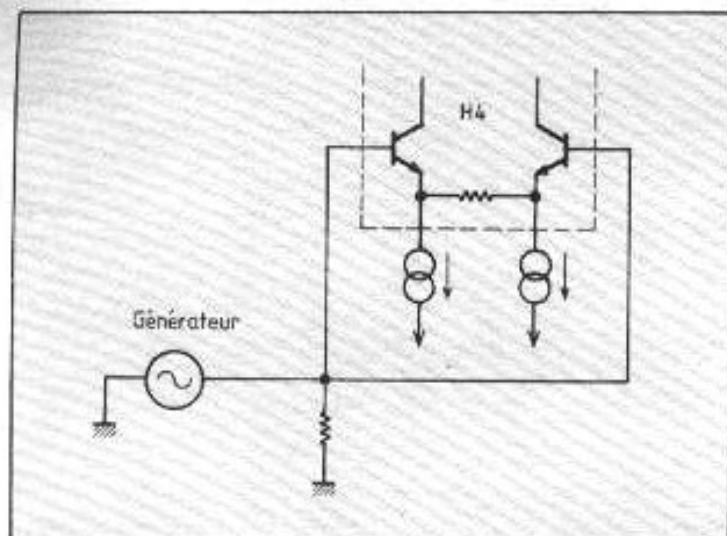


Fig. 9 : Attaque du premier étage pour la mesure de gain et de la linéarité en mode commun.

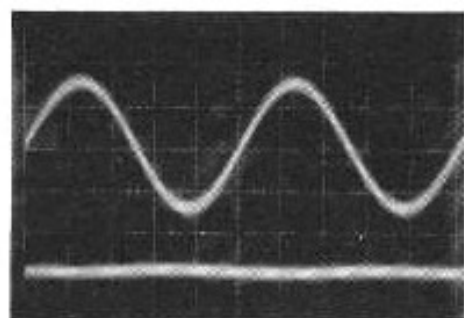


Fig. 10 : Signaux de sortie du premier étage attaqué en mode commun (vert. 20 mV/c., horizont. 0,2 ms/c.).

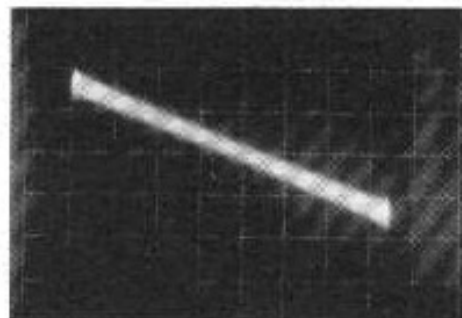


Fig. 11 : Figure de Lissajou en mode commun (vert. 20 mV/c., horizont. 0,2 V/c.).

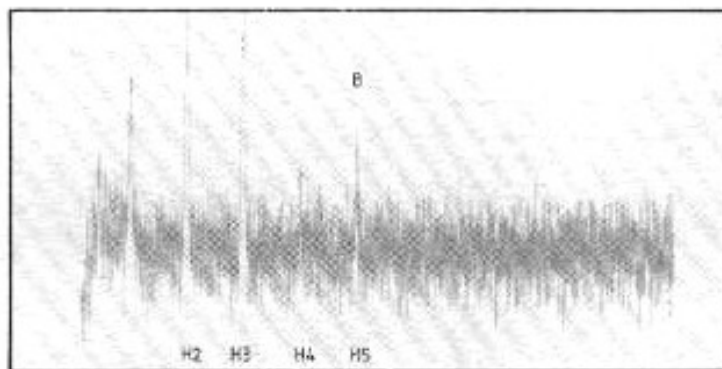
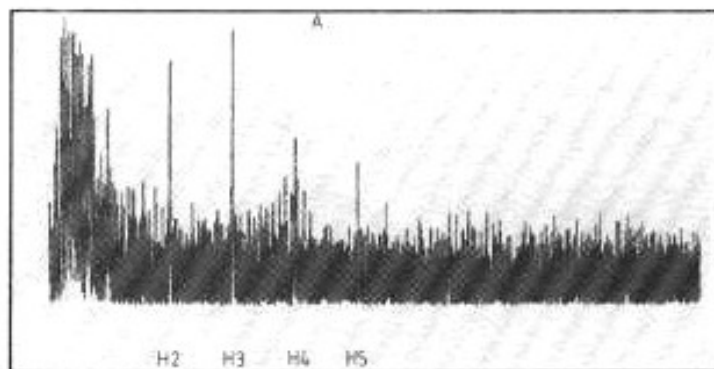


Fig. 12 : Spectres de distorsion pour 1 V en sortie des différentiels (A = NPN, B = PNP).

Nous avons aussi mesuré la linéarité en mode commun ; c'est un point important, toujours ignoré, dont nous avons montré l'intérêt dans le n° 10 (nouvelle série) de L'Audiophile, dès qu'une contre-réaction avec gain positif est mise en œuvre. La figure n° 9 montre le principe de la mesure que nous avons faite. L'oscillogramme de la figure n° 10 montre les signaux obtenus en sortie. Sur une sortie, l'atténuation est moyenne alors que sur l'autre elle est très

importante ; le signal (différence entre les deux sorties) ainsi obtenu correspond à un taux de réjection en mode commun d'environ 70 dB. C'est une performance plus qu'honorable comparée aux 100 ou 120 dB des circuits intégrés, si on considère que cette performance est obtenue dans la bande audio, alors que celle des circuits intégrés baisse de 20 dB par décade à partir de quelques hertz. Mais ce qui est plus satisfaisant, c'est la linéarité obtenue ; la distorsion

est noyée dans le bruit, mais la figure de Lissajou obtenue sur le signal différence (voir la figure n° 11) montre que la linéarité est excellente.

Mesure du second étage

Cet étage étant moins critique pour la linéarité, nous n'avons pas remis en cause ses composants ; il était déjà moins linéaire que la première version du premier étage et il a donc conservé ses performances de linéarité qui restent toutefois assez remarquables. La figure n° 12 montre les spectres de distorsion obtenus en sortie des circuits différentiels et la figure n° 13 les courbes de distorsion en sortie des miroirs de courant.

Mesures du troisième étage

Cet étage est encore moins linéaire : ses transistors sont soumis à plus de tension et à plus de

courant, nous avons à prendre en compte ces contraintes supplémentaires pour leur choix ; heureusement, la contre-réaction qui combat ses non-linéarités est importante. La moins bonne linéarité de cet étage (très relative) rend le réglage d'offset très influent sur la linéarité : on voit sur les oscillogrammes de la figure n° 14 la prédominance de l'harmonique 3 après le réglage des offsets. La figure n° 15 nous donne les courbes de distorsion obtenues.

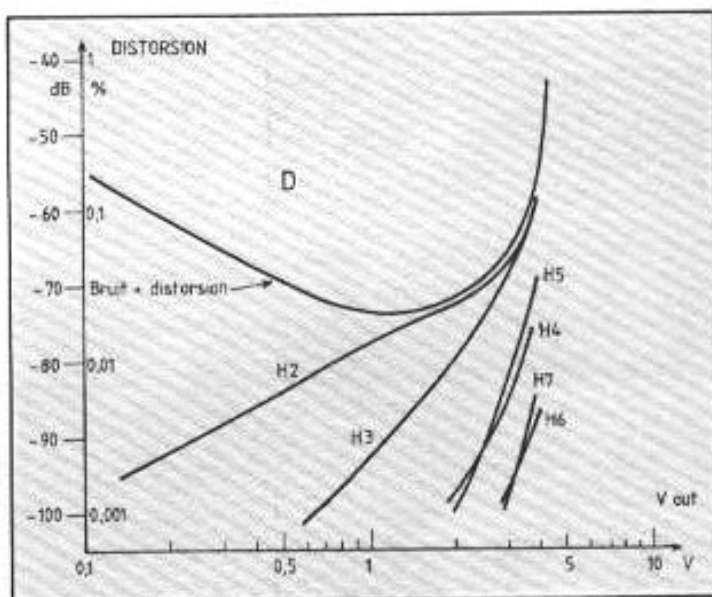
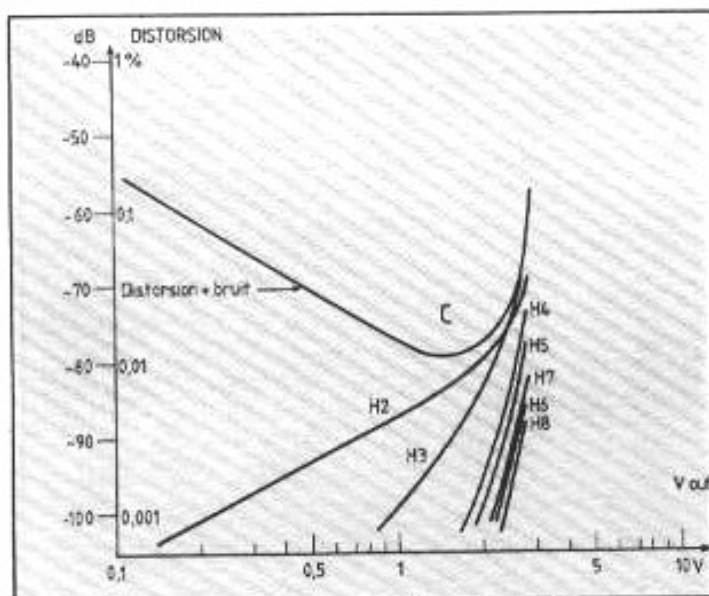
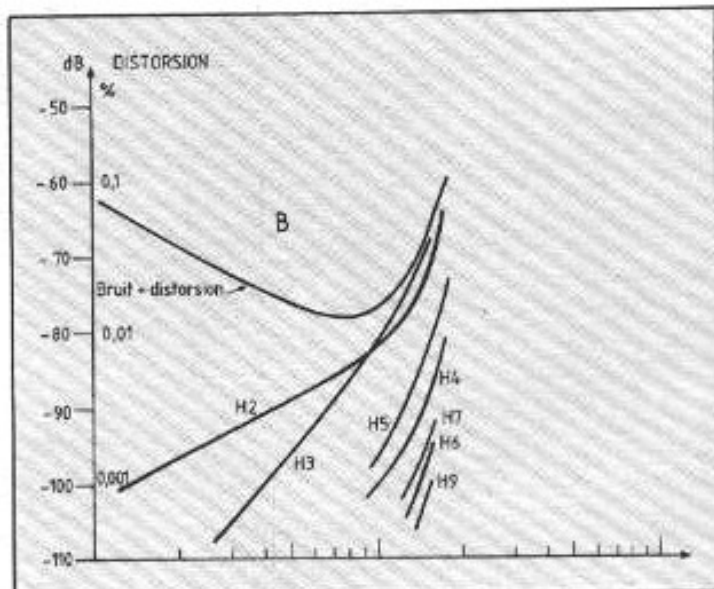
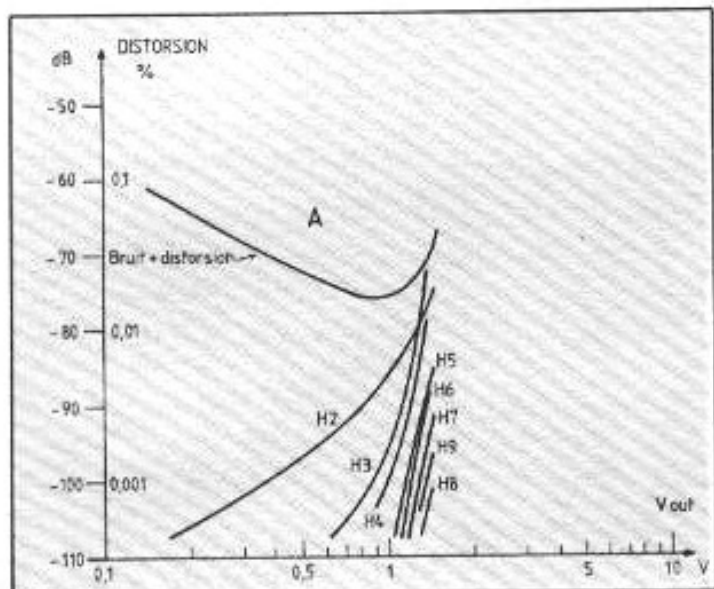


Fig. 13 : Courbes de distorsion du second étage en sortie des différentiels (A pour le NPN, B pour le PNP) et en sortie des miroirs de courant (C pour le PNP, D pour le NPN).

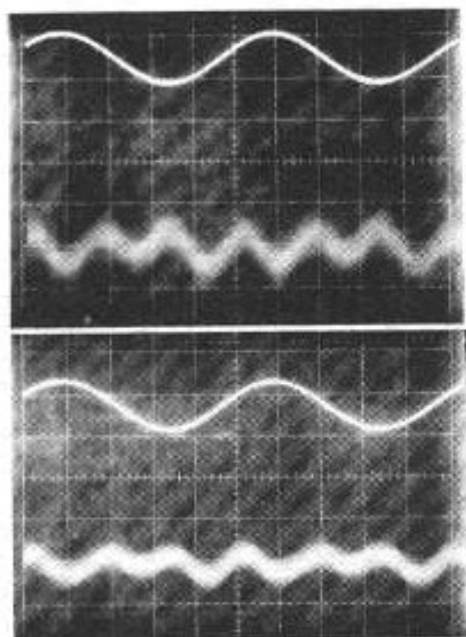


Fig. 14 : Distorsion du troisième étage : en A pour le différentiel NPN 0,03 % pour 2 V, en B pour le différentiel PNP : 0,04 % pour 2V.

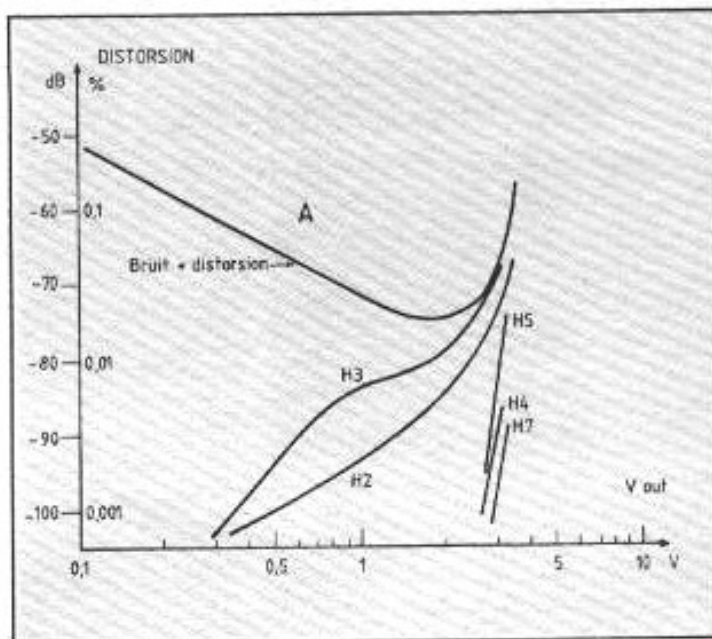
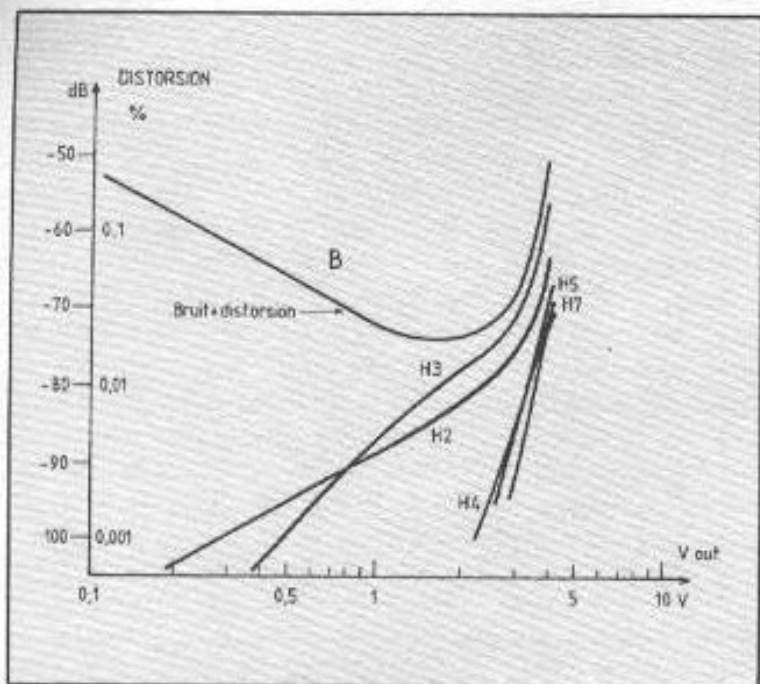


Fig. 15 : Courbes de distorsion du troisième étage : en A pour le différentiel NPN,



en B pour le différentiel PNP.

La mesure des deuxième et troisième étage en boucle ouverte ne permet pas de mesurer la distorsion : elle est noyée dans le bruit (voir l'oscillogramme de la figure n° 16) ; l'analyse de distorsion faite à l'analyseur de spectre couplé au distorsiomètre, avec la meilleure sensibilité (bande passante 10 Hz), permet de voir les harmoniques de la pollution par le secteur, mais pas la distorsion qui reste inférieure à 0,03 % jusqu'à la saturation (voir la figure n° 17).

Etage de sortie

Rien de spécial à dire sur les performances de linéarité de

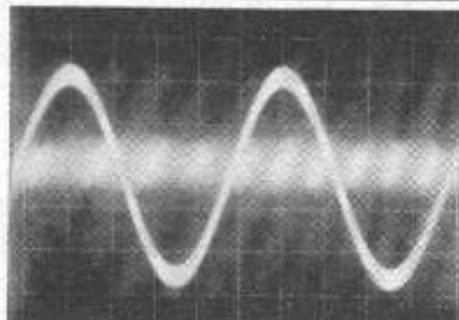


Fig. 16 : Signal et distorsion des deuxième et troisième étages (10 V/div. pour le signal, horizont. 0,2 ms/div.).

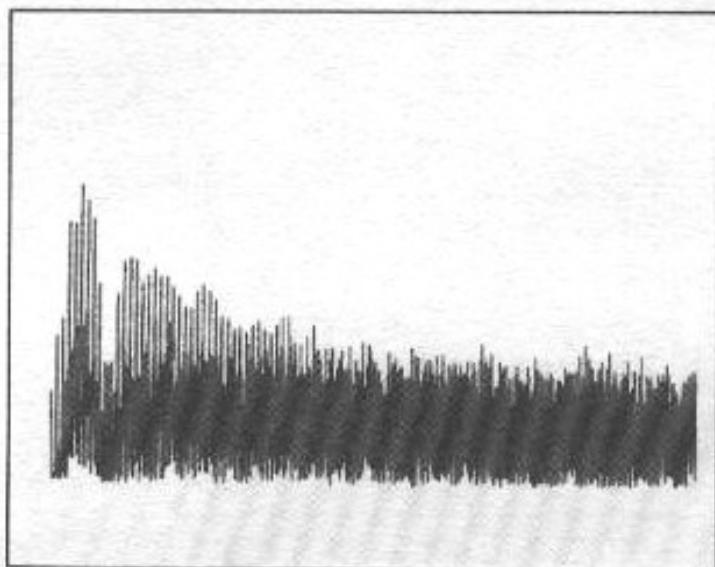


Fig. 17 : Spectre de bruit et distorsion (0-10 kHz).

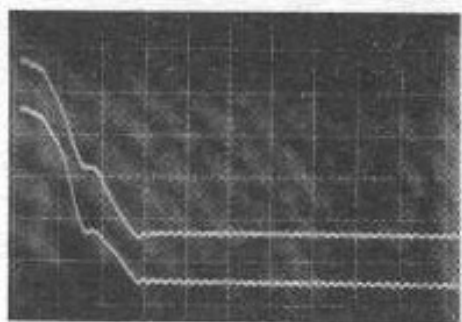
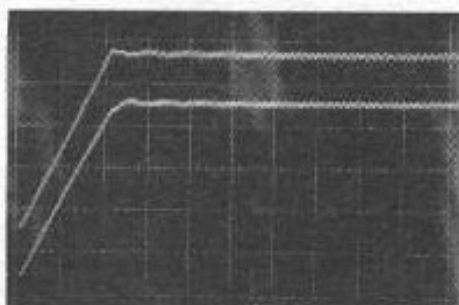


Fig. 18 : Sortie des deux alimentations cascades sur un signal carré (5 V/div. et 1 μ s/div.). Nota : L'accident du front descendant existe sur le signal de sortie du générateur utilisé.

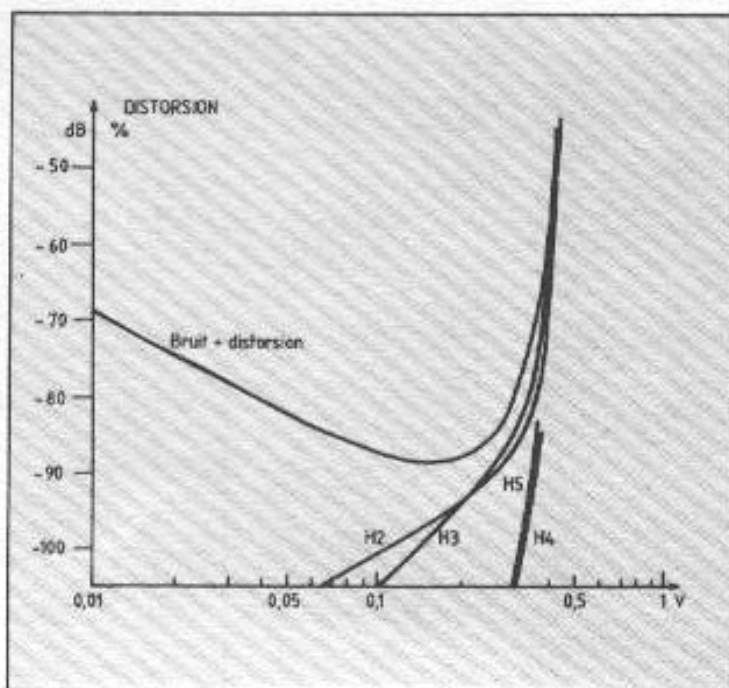


Fig. 19 : Courbes de distorsion du circuit d'interface chargé.

l'étage de sortie par rapport à la maquette. On peut toutefois signaler que le slew-rate des alimentations cascade a été doublé : environ $10 \text{ V}/\mu\text{s}$ contre $4 \text{ V}/\mu\text{s}$ dans le réglage initial de la boucle (voir les oscillogrammes de la figure n° 18). Ce gain de slew-rate se paye par une petite oscillation à environ 6 MHz qui n'est pas gênante.

Circuit d'interface

Ce circuit est nouveau, il n'existait pas dans la maquette. Nous avons vu dans L'Audio-ophile n° 11 (nouvelle série) comment les choix que nous avons faits pour la contre-réaction globale nous l'imposaient. Nous avons alors vu le schéma envisagé basé sur notre circuit différentiel favori, un miroir de courant et un étage suiveur cascade.

Le seul problème de cet amplificateur est la faible impédance qu'il voit en sortie. L'étage de sortie est la principale source de distorsion quand la charge est branchée. C'est bien ce qu'ont montré les premières mesures de distorsion. Elles ont même révélé toute l'inadaptation de ce schéma à cette fonction. Ce circuit, conçu antérieurement et utilisé pour notre métrologie, est destiné à des charges de valeur plus élevée (grande dynamique de tension, faible valeur de courant de sortie). Nous avons donc fait évoluer le schéma de sortie pour l'adapter à ce nouveau contexte : faible dynamique de sortie (cascade fixe au lieu de cascade flottant) et forte valeur du courant de sortie (montage Darlington).

Nous avons retenu un gain de boucle de 40 dB qui est obtenu avec un gain en boucle ouverte

de 100 et une fréquence de coupure associée de 200 kHz. L'étage de sortie est polarisé en classe A : la tension maximale en sortie (celle qui amène l'amplificateur de puissance en saturation) est de 0,3 V, dans 10Ω cela conduit à un courant de 30 mA ; le courant de repos choisi est de 20 mA, il permet un fonctionnement en classe A jusqu'à 40 mA.

Les performances de distorsion en boucle fermée sur une charge de 10Ω sont données par la figure n° 19. Elles ne sont pas plus satisfaisantes que les résultats de la première mouture qui nous faisaient craindre que ce circuit d'interface soit la principale source de distorsion de notre amplificateur. Les performances de stabilité du point de repos sont très satisfaisantes : moins de 0,1 mV en sortie de ce circuit.

A suivre...

© MITSU Ayyer



C'est déjà assez difficile de faire beau, actuel, original... et un succès, pour ne pas se faire d'angoisses supplémentaires avec son matériel.



**DU MICRO A L'ENCEINTE :
LA HAUTE RESTITUTION.**

Etre toujours à la pointe pour vous donner le meilleur de la technologie, c'est la philosophie Ramsa de Panasonic. Notre micro WM D70 possède ainsi un sélecteur de présence haute fréquence. Il respecte votre voix en vous apportant un son vivant avec le minimum de distorsion. Nos enceintes WS A200 sont bass reflex 2 voies : la garantie pour vous d'un son vif de haute qualité. Avec notre matériel, votre musique joue la haute restitution.

RAMSA
de
Panasonic

Quel bonheur !

**Page non
disponible**

Le traitement acoustique

3. COMMENT DISPOSER LES ENCEINTES ACOUSTIQUES

Roy Allison

N

ous abordons ici le troisième et dernier volet de cette série d'articles. Nous avons examiné, dans les deux précédents numéros, comment les dimensions de la pièce d'écoute influent sur l'établissement des modes de résonances d'une part et, d'autre part, comment les aménagements intérieurs participaient au contrôle de la distribution de l'énergie sonore.

Dans cet article, nous supposons que le local ne nécessite pas de sévères corrections au plan acoustique. Nous allons voir l'incidence du placement des enceintes acoustiques, vis-à-vis des parois, sur la linéarité de la réponse dans le grave et le bas-médium.

Ces éléments permettent de définir des conditions de positionnement optimales, qu'il conviendra de mettre en rapport avec les recommandations avancées dans le précédent numéro.

Les haut-parleurs sont des transducteurs particulièrement peu efficaces. En valeur typique, un modèle à membrane convertit moins de 1 % de l'énergie électrique fournie par l'amplificateur, en énergie acoustique. Cela est dû à la résistance de radiation, la composante résistive que constitue la charge d'air du haut-parleur et qui absorbe la puissance. Celle-ci est faible en comparaison des autres impédances mises en œuvre dans le système de transduction.

Un autre aspect du problème est que le haut-parleur est un microphone, lui aussi, très inefficace. Cela pour les mêmes raisons. Il en découle que les dépla-

cements de la membrane ne sont pratiquement pas affectés par les changements de pression sonore à sa surface.

Si vous placez une enceinte acoustique dans une chambre sourde (ou quelque part dans un local domestique de sorte qu'elle se trouve suffisamment éloignée de toute surface réfléchissante) et que vous l'alimentiez par un signal à basse fréquence, elle délivrera cette fréquence à un niveau de pression sonore directement dépendant de son rendement dans un tel environnement. Dans ce contexte, l'enceinte est libre de rayonner dans toutes les directions sans aucune contrainte. Son angle de radiation

est l'espace entier, soit 4π stéradians. Nous supposons ici que le haut-parleur est à émission directe et de taille usuelle.

Quand la même enceinte acoustique est placée très près du centre d'un grand mur, toute la puissance rayonnée en direction de celui-ci est réfléchi pratiquement immédiatement et la pression sonore double. Le fait de doubler la pression revient à quadrupler la puissance, ce qui se traduit par un accroissement de 6 dB. La moitié de cette augmentation (3 dB) provient simplement du fait que la puissance est maintenant rayonnée dans un demi-espace, l'angle de radiation est alors de 2π steradians. Les

autres 3 dB découlent d'une efficacité du haut-parleur qui s'en trouve doublée. Travaillant dans un volume d'espace restreint, la membrane est capable d'avoir une prise plus « ferme » sur l'air remplissant ce volume. Le gain en efficacité est proportionnel à la réduction de l'angle solide dans lequel le haut-parleur rayonne.

Ainsi est-il logique de prévoir un accroissement de 3 dB supplémentaire en puissance rayonnée si nous plaçons le haut-parleur très près d'une intersection de deux parois de la pièce. C'est ce qui se passe dans la réalité. De même, si l'enceinte est placée en encoignure, à l'intersection de trois parois, réduisant par là l'angle solide de rayonnement à $\pi/2$ steradian, il en découle un gain supplémentaire. Il est peu probable que l'on trouve un positionnement de l'enceinte qui procure un angle de radiation inférieur à $\pi/2$ steradian, cela dans un environnement domestique. Cependant il est intéressant de remarquer qu'avec une réduction progressive de l'angle, on se rapprochera d'un pavillon conique ayant la haute efficacité que l'on connaît sur les haut-parleurs à pavillon.

Toutefois, il est important de noter que de tels accroissements de la puissance acoustique rayonnée sont obtenus seulement si le haut-parleur est placé, dans la réalité, à proximité directe des parois. Qu'entend-on par proximité ? Rappelons que la vitesse de propagation dans l'air est de 344 m/s. Prenons le cas d'une enceinte acoustique dont le cône du boomer se trouve à 30 cm d'une grande paroi simple : ce qui est le cas si elle est placée au sol au centre de la pièce. Nous supposons dans notre exemple qu'elle est alimentée par un signal de fréquence 50 Hz. La longueur d'onde est de $\frac{344}{50}$, soit 6,80 m environ.

Durant le temps que met le son pour aller de la membrane au sol et retour, le cône se sera déplacé de $\frac{0,6}{6,80}$ soit 8,8 % d'un cycle, ce qui représente $\frac{360^\circ}{0,088} = 32$ degrés en avance par rapport au son réfléchi.

Le son émis est pratiquement en phase avec le son réfléchi. Cela explique pour une large part le gain de 3 dB en niveau. A une telle fréquence, le haut-parleur est considéré comme étant proche de la paroi.

A une fréquence supérieure, prenons 280 Hz, la longueur d'onde sera de 1,20 m. Le son réfléchi parvient au haut-parleur avec un retard égal à la demi-longueur d'onde (30 cm aller et retour, soit 60 cm), c'est-à-dire avec un déphasage de 180° . L'amplitude globale n'est plus accentuée. Ainsi, la notion de proximité d'un haut-parleur vis-à-vis d'une paroi est-elle directement liée à la longueur d'onde des sons émis. La distance physique est à mettre en relation avec la fréquence.

La figure 1 représente la puissance émise par un boomer par rapport à la distance qui le sépare d'une simple paroi, exprimée en relatif vis-à-vis de la réponse de ce même transducteur en chambre sourde. Pour une distance de 0,1 fois la longueur d'onde, il y a un accroissement de 2,5 dB, et non pas 3 dB. Le niveau nominal (0 dB) est atteint pour un écartement égal à 0,25 fois la longueur d'onde. Entre 0,25 et 0,5 fois la longueur d'onde, l'amplitude se trouve atténuée par rapport à la réponse en chambre sourde ! Au-delà de 0,5 fois, l'incidence de la paroi devient très faible. Globalement l'influence de cette dernière est de 4 dB.

Ce comportement particulier est accentué lorsque l'enceinte acoustique est placée à équidistance de deux parois du local. La figure 2 le révèle clairement.

L'accentuation atteint les 6 dB qu'on était en droit d'attendre, pour des faibles fractions de la longueur d'onde. Par contre, un creux de 3 dB apparaît sur la courbe pour une position de l'ordre de 0,3 fois la longueur d'onde. Avec la figure 3, on prend la mesure de l'influence de trois parois à égale distance du centre du boomer (haut-parleur proche d'une encoignure). La variation en amplitude de la réponse par rapport à celle obtenue en chambre sourde s'étend de +9 dB à -11 dB... Ainsi, pour une distance de 30 cm, pour reprendre notre base d'exemple, à 50 Hz l'accentuation sera de 9 dB et à 320 Hz, elle sera de -11 dB, soit une variation de 20 dB !

Cet aspect de l'interaction haut-parleur-salle d'écoute a été quantifiée dans une série de publications, dans les années 50 et 60, par R.V. Waterhouse et R.K. Cook. Dans une indifférence générale semble-t-il, c'est en 70 et début 71 que s'engagea un débat d'idées sur cette question dans *Wireless World* entre Paul Klipsch et H.D. Harwood et, plus particulièrement sur l'opportunité d'utiliser une enceinte en encoignure. Naturellement, Klipsch en était partisan et Harwood y était hostile. Ce dernier proposa les courbes de transmission décrites précédemment.

Dans un papier récent, Glyn Adams montra que l'influence des parois proches était modifiée par la structure et la répartition des modes de résonance de la pièce, comme on aurait pu le supposer. En fait, l'incidence dépend du degré d'amortissement de la salle, comme cela est défini par le temps de réverbération. Pour des locaux domestiques conventionnels, ayant un temps de réverbération moyen de 0,3 s, les différences sont minimes. Les figures 1 à 3, que nous avons vues, révèlent avec une précision satisfaisante ce qui apparaît dans la réalité.

Fig. 1 : Réponse en puissance d'un boomer en fonction de la distance, par rapport à une seule paroi. La distance est exprimée en longueur d'onde.

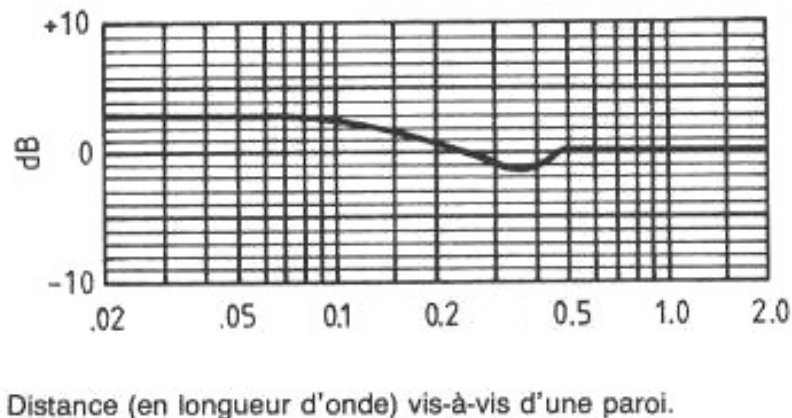


Fig. 2 : Idem à la fig. 1 mais avec le boomer placé à égale distance de deux parois.

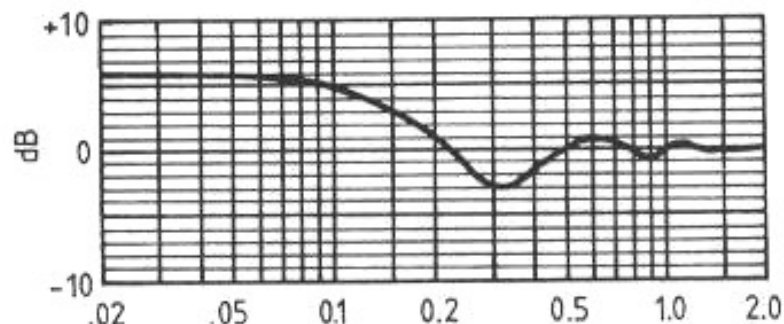
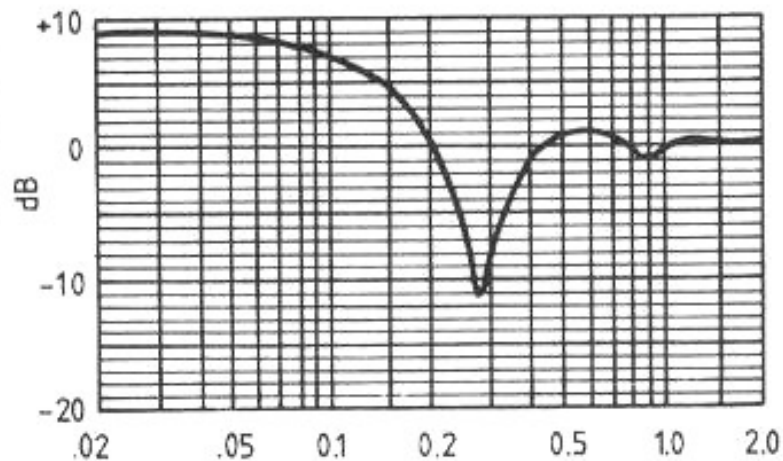


Fig. 3 : Idem à la fig. 1 mais le boomer est placé à égale distance de trois parois.



Le gain en efficacité dans le bas du registre, avec un placement en encoignure, est terriblement tentant. Il est possible de l'obtenir, sans toutefois être pénalisé par un creux marqué dans la réponse du bas-médium, si le système est élaboré dans cet esprit. Tout d'abord l'ébénisterie doit être dessinée pour placer le boomer aussi près que possible des trois surfaces d'encoignure. On peut approcher d'une quinzaine de centimètres des murs un haut-parleur de 25 cm. Le creux dans la réponse interviendra aux alentours de 640 Hz. On peut alors avoir recours à un filtrage à basse fréquence de coupure avec le haut-parleur de médium. A 320 Hz, le gain d'efficacité est encore de 6 dB. Ensuite, placer le médium à une distance suffisante de l'encoignure, en le surélevant, de sorte qu'il se trouve à plus de 0,5 fois la longueur d'onde à la fréquence de coupure retenue pour le filtre et ne pas être ainsi affecté dans sa réponse.

Il y a cependant d'autres aspects, d'ordre pratique pour certains, à prendre en considération. Ainsi les aménagements de la pièce autorisent-ils une bonne recreation de l'image stéréophonique vue de la position d'écoute pour des enceintes en encoignure ? Ou est-ce que les proportions de la pièce et l'amortissement des divers modes de résonance sont-ils suffisamment bons pour se permettre de les exciter pleinement, comme c'est le cas par un placement en angle ?

La plupart d'entre nous ne conçoit ni ne réalise ses propres enceintes et le choix des enceintes à placer en encoignure est pratiquement inexistant sur le marché. Aussi sommes-nous contraints de nous orienter vers d'autres solutions.

Un élément d'analyse intéressant découle des figures 1 à 3. En effet, nous voyons que pour un positionnement très inférieur au quart de la longueur d'onde

(0,25 sur l'abscisse des courbes), chaque diminution de moitié de l'angle solide de radiation apporté par la présence d'une nouvelle paroi s'accompagne d'un accroissement de niveau de 3 dB. Cependant, en contrepartie, l'effet cumulatif qui en découle sur le creux d'amplitude apparaissant pour une distance de l'ordre de 0,3 fois la longueur d'onde, est très supérieur à trois fois -1 dB, comme cela est le cas d'une seule paroi rapprochée de l'enceinte acoustique (le creux est de -11 dB en encoignure).

Un concepteur d'enceintes acoustique peut avoir une démarche similaire à celle envisagée pour un placement en angle (trois parois), comme nous l'avons vu précédemment, dans le cas d'une enceinte destinée à être positionnée à proximité directe de deux parois. Cela par le recours à un système trois voies, au minimum, avec une fréquence de coupure du haut-parleur de grave suffisamment basse associée à un positionnement adapté à celui-ci. Très peu le font et quoi qu'il en soit ce n'est pas une solution envisageable au plan pratique pour l'élaboration de tous les systèmes deux voies. Par ailleurs, toutes les enceintes de haute qualité développées sur la base d'un concept conventionnel n'échapperont pas aux perturbations de leur réponse en fréquence, imposées par de proches parois ; pour la bonne raison qu'il n'y a pas de solutions simples pour les éviter.

La seule chose que l'on puisse faire est de minimiser l'incidence sévère du creux apparaissant en bas-médium par un placement de l'enceinte appropriée. En effet, il est préférable que, vis-à-vis de chacune des trois parois, la distance critique du boomer à 0,3 fois la longueur d'onde soit bien différenciée de sorte à obtenir trois atténuations douces, à des fréquences différentes, plutôt qu'un seul creux marqué à une seule fréquence.

En général, si A est la distance

du haut-parleur de grave à la paroi la plus proche, B celle à la paroi venant en second et C à troisième, la distribution la plus homogène sera obtenue lorsque $B^2 = AC$. On peut voir ainsi qu'une mini-enceinte placée sur un pied de 50 cm et dégagée du mur arrière de 40 cm devra se situer à 60 cm environ des parois latérales, ce qui est loin d'être une solution idéale sauf dans de petites pièces.

Keith Ballagh a étudié le problème du placement des enceintes pour une réponse en puissance la plus plate possible. Son critère n'est pas basé sur une accentuation éventuelle de la réponse dans l'extrême-grave tirant partie du placement*. Une conséquence de cette approche est que les enceintes acoustiques doivent être placées à une distance très éloignée de toutes les surfaces de la pièce. Ce qui n'est pas très réaliste pour la grande majorité des cas. Il calcula que pour une enceinte acoustique ayant une fréquence de coupure basse à 50 Hz et un Q de 0,7, il convenait de la placer à plus de deux mètres d'un angle. La réponse ainsi obtenue peut être très plate. La seule contrainte est qu'il convient de disposer d'une pièce d'écoute suffisamment vaste pour que chacune des enceintes se trouve à plus de deux mètres d'un angle d'une part et que, d'autre part, leur écartement soit convenable pour une bonne restitution de l'image stéréophonique.

Les réflexions de parois affectent également la réponse spectrale à la position d'écoute, de la même manière et de la même amplitude. L'une des distances, vis-à-vis de l'une des parois, pour un auditeur assis est de l'ordre de 90 cm. C'est une valeur relativement constante qu'il est difficile de contourner. Une très mauvaise position d'écoute serait celle d'une chaise en angle, plaçant les oreilles de l'auditeur à 90 cm de chacun des murs.

Si l'on applique notre précédent concept $B^2 = AC$ au positionnement des oreilles de l'auditeur, les 90 cm précédents seront affectés soit à A soit à B. Si c'est B, A doit être inférieure, de préférence pas plus de 45 cm. Cela implique une chaise ou une banquette à proximité directe d'une paroi. Si c'est A qui fait 90 cm, B et C doivent être toutes deux supérieures, disons par exemple 1,5 m et 2,5 m. Cela nécessite une pièce d'écoute de taille conséquente. Cependant, si les aménagements d'une telle pièce permettent une assise des auditeurs dégagée des parois, il est clair que c'est une solution préférable à celle d'une position d'écoute proche d'un mur. Quoi qu'il en soit, et ce sera notre conclusion, la dissymétrie de positionnement est la clef de bien des maux, qu'il s'agisse de l'auditeur ou des enceintes acoustiques. Il est certain que ce n'est pas la seule, néanmoins c'est la solution qui, en termes de rapport performances/coût est la mieux placée.

* Mon opinion est qu'une telle accentuation, si elle n'est toutefois pas trop énergique, est pratiquement toujours bénéfique. Les locaux domestiques ont, dans la plupart des cas, des parois dont la rigidité n'est pas suffisante pour contenir la pression à très basses fréquences. Un surcroît de niveau dans cette partie du spectre est donc nécessaire pour compenser cette perte et dans la plupart des cas, il n'est même pas suffisant de les utiliser pour obtenir par leur biais une compensation satisfaisante.

Bibliographie

Adams, G., « Time Dependence of Loudspeaker Power Output in Small Rooms », *J. Audio Eng. Soc.* vol. 37, pp. 203-209 (avril 1989).

Allison, R.F., « The Speaker and the Listener », *Stereo Review*, août 1976, pp. 56-61.

Allison, R.F. & Berkovitz, R., « The Sound Field in Home Listening Rooms », *J. Audio Eng.* vol. 20, pp. 459-469 (juillet-août 1972).

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

- Réalisation personnelle -

L'AMPLIFICATEUR HYBRIDE ABTINE

Afchine A. Nasserian

R

chercher la possibilité d'une reproduction véridique de la musique est véritablement une passion. Quelques grands maîtres du « high end » (Futerman, Colangelo, W.Z. Johnson, Kanéda, Hiraga...) y ont même consacré leur vie. Posséder des maillons permettant de frôler cette « retranscription extrême » n'en est pas moins une passion. Tous les audiophiles la partagent.

*Parmi les composants « Audio »,
l'Amplificateur reste le maillon le plus prisé des Audiophiles.*

Cet article est très humblement dédié à mon père.

L'amplificateur est un maillon d'interface et, de ce fait, remplit une tâche des plus difficile. Il lui est demandé non seulement d'amplifier les signaux complexes, et cela le plus précisément possible, mais également de conduire les enceintes, combinaison de haut-parleurs et filtres les unes plus réactives que les autres, à reproduire un son très proche de la réalité.

Des technologies très différentes (électrodynamique, électrostatique, ruban, etc.) ont donné naissance au large éventail d'enceintes disponibles actuellement. Cette diversité confère aux enceintes des caractères et des réactions propres et fait qu'il n'y a pas d'environnement facile, voire standard, dans lequel l'amplificateur puisse accomplir sa tâche. Donc, outre la préci-

sion, la maîtrise de l'enceinte et la constance en toute circonstance sont les qualités les plus requises pour un amplificateur.

Pour atteindre cette polyvalence et la meilleure des performances (subjectives, évidemment), le bon choix des moyens technologiques est primordial et conditionne le niveau potentiel qui pourra être atteint ; cela étant donné que les impératifs économiques, dans le cas d'une réalisation personnelle, ne font pas partie des freins à la performance.

Technologie des amplificateurs

Actuellement, trois écoles « transistors, tubes et hybrides » se côtoient et se concurrencent

sur le marché des amplificateurs de très haut de gamme. Leur prédilection et but à tous : offrir la qualité subjective ultime.

Il est vrai que le niveau actuellement atteint, dans chacune de ces technologies est très élevé. Néanmoins des différences, certes, plutôt d'ordre caractériel, existent et dotent chaque type d'amplificateurs des labels spécifiques comme « l'image d'un ampli à tubes », « la tenue et la capacité dans le grave d'un ampli à transistors », etc.

Il était donc naturel pour les perfectionnistes de tenter de concilier les meilleures qualités des uns avec celles des autres sans pour autant associer et transcender leurs carences. La technologie hybride est donc née de la quête de la perfection en associant les tubes et les transistors.

Le marché des amplificateurs audio de haut de gamme compte actuellement en son sein deux types d'hybrides :

— les « tubes-transistors » où la totalité de l'amplification en tension et l'adaptation d'impédance avec le(s) étage(s) final(aux) de sortie (amplification en courant) sont pris en charge par les tubes et ceux de sortie (interface haut-parleur) bâtis autour des transistors.

— Les « transistors-tubes-transformateur de sortie » où la tâche d'amplification en tension a été attribuée aux transistors et où des tubes remplissent la fonction « driver » des transformateurs de sortie. Il serait intéressant de noter que les réalisations hybrides commerciales ne sont pas nombreuses et peuvent se compter sur les doigts de la main : Audio-Research, Lectron, Verdier peuvent être cités pour les hybrides transistors-tubes-transformateurs de sortie et Moscode, Cochran Delta Mode, Counterpoint et Conrad-Johnson récemment, pour les tubes-transistors.

A noter toutefois une exception à ces types d'hybrides : les Luxman LV 103/LV 105 qui ont la particularité d'être un mélange des deux technologies : « transistors-tubes-transistors ». Dans l'article qui suit, l'intérêt ne sera porté qu'aux hybrides tubes-transistors.

Les OTL-Futtermann

Dans un amplificateur à tubes conventionnel, le transformateur de sortie est certainement la source majeure dans la dégradation de la qualité du son. Cependant, ce transformateur remplit deux fonctions vitales :

1. la fonction d'addition des courants plaque des deux moitiés des push-pulls de sortie de façon à annuler les distorsions harmoniques de rangs impairs et, cela seul dans le cas des tubes parfaitement identiques et un transformateur totalement symétrique ;

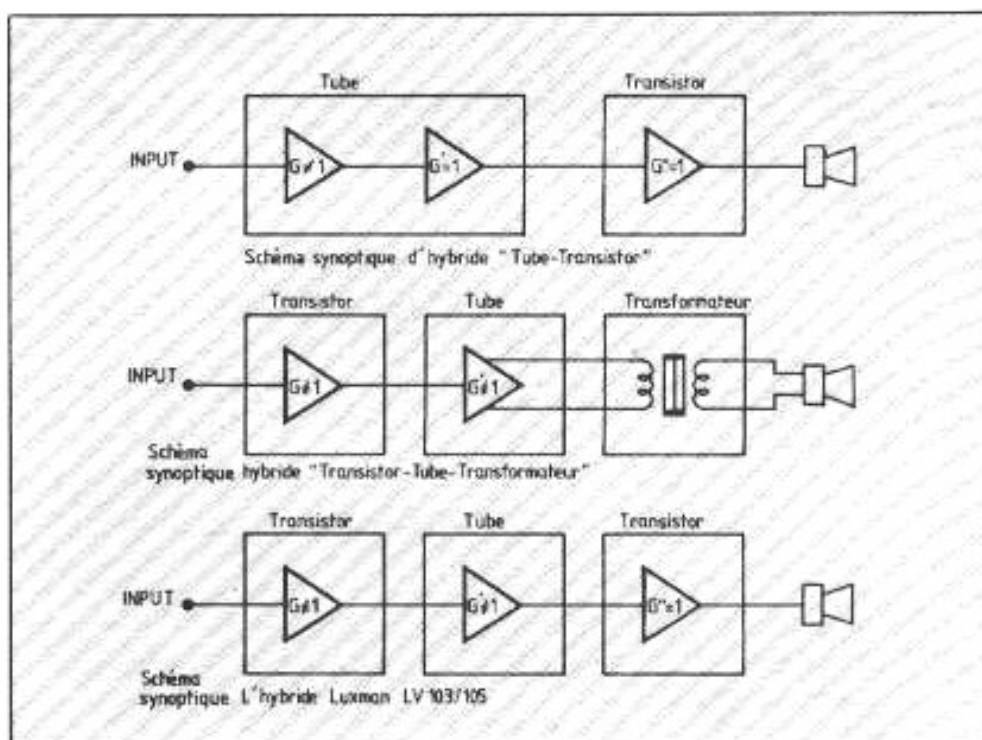


Fig. 1 : Les diverses variantes d'hybrides.

2. la fonction de transformation des impédances faibles des enceintes en une impédance compatible pour les tubes.

Bien que d'apparence simple, un transformateur de sortie est une pièce complexe et délicate à réaliser. Son inefficacité bien reconnue en basse fréquence fait que les tubes de l'étage final (les push-pulls de sortie) ne sont pas correctement chargés dans cette zone de fréquences, un accroissement de la distorsion et une chute de puissance sont des conséquences directes de ce phénomène.

Dans les basses fréquences, les performances d'un transformateur sont directement liées à la taille de son noyau et à la qualité du métal utilisé pour la fabrication de ce dernier. Malheureusement, le surdimensionnement va également dans le sens de l'augmentation de la rémanence du transformateur qui est un frein à son fonctionnement.

Aussi, en prenant en considération que ce comportement en haute fréquence est également régi par l'interaction des divers enroulements, il devient évident que les enroulements chargeant les plaques de chaque demi-

push-pull doivent être segmentés et orientés dans un sens approprié en respect de l'enroulement secondaire (côté haut-parleurs). La rémanence, les interactions entre les enroulements et les capacités parasites ainsi formées allant dans le sens d'une réduction de taille du transformateur et, à l'opposé, des performances dans le grave, le dimensionnement et la réalisation du transformateur ne peut donc faire que l'objet d'un compromis.

Dans le cas des amplificateurs à tubes contre-réactionnés, ce compromis est à l'origine d'autres complications : le transformateur provoquant une chute de réponse et des glissements de phase importants dans les fréquences élevées, toutes proportions gardées, une instabilité dans le pire des cas et une précarité de la stabilité dans le meilleur des cas est facilement concevable (et cela sans parler de sa signature sonore).

Le meilleur des transformateurs de sortie ne pourrait donc être que « pas de transformateur de sortie ».

D'où, en 1950, la tentative des ingénieurs audio de concevoir des amplificateurs sans transfor-

mateur de sortie. Cela fut concrétisé en 1954 par le dépôt du brevet d'un ingénieur américain, Julius Futterman. L'utilisation des tubes à très fort courant dans les étages finaux fut l'astuce de ces amplificateurs OTL (courant maximum des tubes de sortie Futterman : 1,5 A, alors que le courant max. d'un KT 88 est de 0,45 A). Naturellement, la suppression du transformateur de sortie et la modification des tubes de l'étage final ont dû être conjuguées au remaniement de la structure du circuit à cet étage et à la révision et la réadaptation de tous les étages situés en amont de ce dernier. La figure montre le circuit de la dernière version du fameux OTL-Futterman améliorée et produite par NYAL (1). La simplicité du schéma de base est frappante : un premier étage d'amplification en tension bâti autour du tube pentode EF 184/BEJ7 ; ce tube a certainement été retenu pour son coefficient d'amplification très important (transconduction très élevée) étant donné que tout le gain de cet amplificateur est pratiquement produit par cet étage (envi-

(1) NYAL : New York Audio Laboratories.

ron 1 500). Puis un second étage utilisant un autre pentode 6FS5 monté en « balanced driver » avec un gain en tension virtuellement unitaire. Ce second étage attaque, via deux réseaux CR, l'étage final conçu autour des push-pull de pentode 6LF6 à fort courant et basse impédance.

Ce schéma, bien que très pensé sur beaucoup d'aspects, comporte trois inconvénients majeurs :

- une liaison à travers « condensateur » (et de forte valeur) aux enceintes (bien que ce condensateur soit la meilleure des protections contre le passage de la tension continue vers les haut-parleurs) ;
- un étage final non complémentaire ;
- un taux de contre réaction élevé destiné à réduire la distorsion harmonique, à augmenter la réponse transitoire (et du coup l'« intermodulation transitoire » !) et élever le facteur d'amortissement.

Ceci étant, cet amplificateur remporta à son époque un vif succès autant pour ses aspects techniquement innovateurs que pour ses qualités subjectives (sérieux rival des ML2 Mark Levinson et la dernière version

des OTL-Futterman NYAL a même été couronnée au Japon en 84). En effet, la relative simplicité de ce circuit optimisé dans les « moindres » détails associée à la relative sophistication de ses régulateurs et alimentations ne pouvaient être que gages d'une performance subjective assez poussée.

Moscode, l'hybride tubes-transistors

Le premier appareil hybride commercial du marché a été, sans aucun doute, le Moscode de Futterman-NYAL. Ce Moscode, et plus en général ce type d'amplificateur hybride, peuvent être considérés comme la suite logique des « OTL ». Leur évolution, dans les sens objectif et subjectif, vers un perfectionnement destiné à pallier leurs carences liées, certes, en grande partie, à la technologie même des tubes et à les améliorer ; à noter leur incapacité à driver les charges de basse impédance et la « non complémentarité » de leur étage final.

La figure donne le détail des circuits de l'amplificateur Moscode. Un premier étage d'ampli-

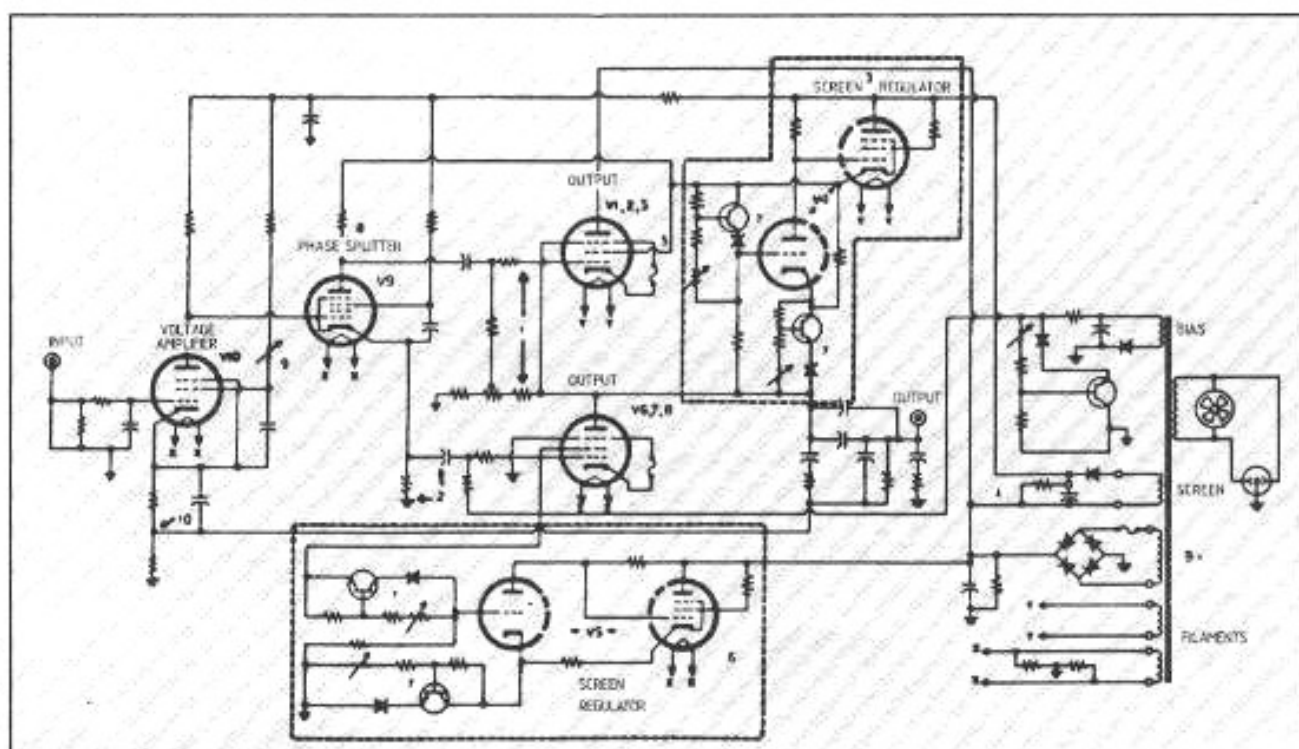


Fig. 2 :
L'amplificateur NYAL-Futterman.

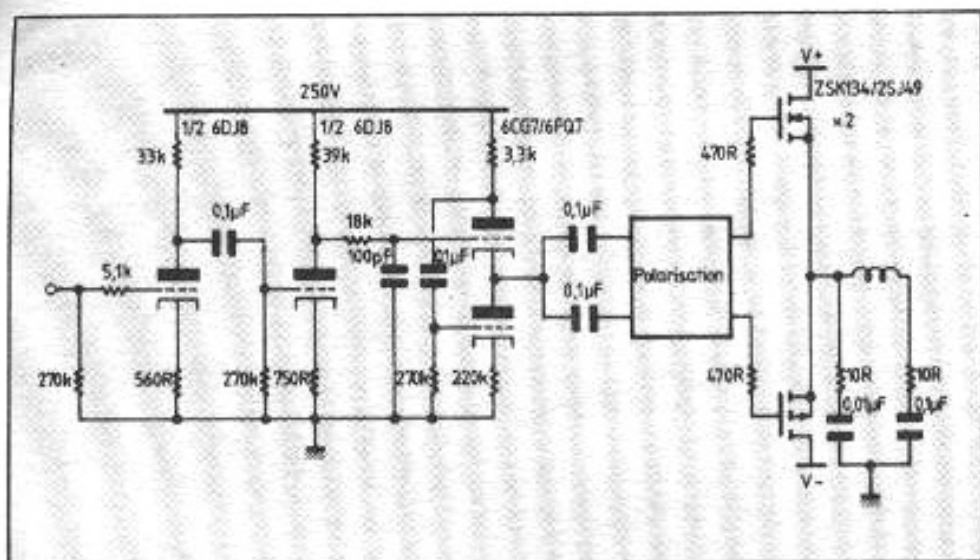


Fig. 3 : Schéma de l'hybride Moscode.

fication en tension monté en différentiel (étant donné l'application de la contre réaction), une liaison par condensateur à un second étage d'amplification en tension et qui rétablit également la phase absolue du signal (inversion de la phase absolue au passage dans le premier étage), puis via un filtre passe bas destiné à stabiliser l'amplificateur après l'application de la contre réaction, un étage tampon buffer de gain unitaire à faible impédance de sortie. Cet étage buffer est plus connu sous le nom de « totem pole » ou « white cascade follower », sa seule qualité étant sa très faible impédance de sortie (relativement aux autres montages à tubes). Par contre, ses principaux inconvénients qui mériteraient d'être cités sont :

- une structure push pull mais à un taux de dissymétrie élevée ;
- une impédance d'entrée moyenne et non constante en fonction de la fréquence.

Cet étage a néanmoins été nécessaire et incontournable pour attaquer correctement (c'est à dire à très faible impédance), via deux liaisons CR, l'étage de sortie bâti autour des MOSFET complémentaires de type horizontal, possédant une impédance d'entrée en statique très élevée mais non négligeable en dynamique et diminuant fortement avec la fréquence.

A noter que ce schéma comporte deux liaisons CR, ce qui se traduit par la présence de deux constantes de temps dans le grave, influant de façon significative sur l'équilibre tonal (deux constances de temps et seulement deux, étant donné que les résistances d'autopolarisation dans les cathodes des tubes ne sont pas découplées par des condensateurs et en ne tenant pas compte de la constante de temps de l'alimentation générale dans les basses fréquences).

Malgré la relative simplicité de son schéma, cet amplificateur est, subjectivement, une vraie réussite pour les mélomanes. Il possède, dans le haut grave et le bas médium, une variété de timbres exceptionnelle, un médium presque parfait et une image très profonde et en hauteur bien que pas aussi large qu'on le souhaiterait. Il est intéressant de noter qu'en découplant partiellement la résistance de cathode du premier étage et totalement celle du deuxième étage, l'image de cet amplificateur s'élargit sensiblement mais au dépens de sa hauteur. Quant aux instruments à cordes, la justesse harmonique imposant un certain équilibre tonal entre les « son du bois » et le son propre « des cordes », cet équilibre est déplacé plutôt vers le son « des cordes ».

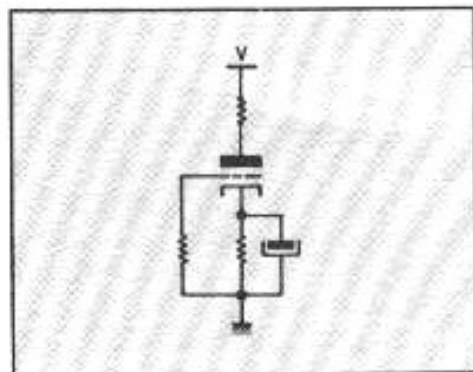


Fig. 4 : Le découplage de la résistance d'autopolarisation de la cathode introduit une constante de temps dans le grave, abaisse l'impédance dynamique de sortie de l'étage, augmente le gain dynamique et altère la qualité des timbres.

Etude de l'amplificateur hybride

Avant l'étude de ce circuit, quelques règles de base ont été fixées afin de servir de ligne de conduite à la conception. Elles ont certainement cautionné, pour une grande part, le comportement subjectif de l'amplificateur. Ces règles et les arguments qui les justifient sont les suivantes :

1. Utilisation des tubes, autant que possible, en lieu et place des semiconducteurs dans tous les circuits, mis à part de ceux de l'étage final où une impédance de sortie basse est recherchée et cela sans l'utilisation de transformateur de sortie.

En effet, le mode de propagation de l'électron dans un tube est fondamentalement différent de celui ayant lieu au sein d'un semiconducteur. Cela a pour conséquence une vitesse de transit des électrons dans un tube (migration de la cathode vers l'anode) environ sept fois plus élevée que dans le silicium.

L'absence de distorsion thermique dans les tubes peut être citée comme un second argument. Cette distorsion thermique dans les transistors est provoquée par un échauffement local très important dans la zone de jonction dû au flux d'électrons. Cela donnant lieu à une modula-

tion assez aléatoire des caractéristiques du transistor. La linéarité très supérieure des tubes triodes menant à une réduction sensible de la distorsion harmonique est un autre atout des tubes.

2. Cohérence impédances d'attaque-impédance d'entrée à chaque point de liaison entre étages : ce point est fondamental car, non seulement il exerce une influence sur la bande passante en régime quasi périodique mais également il régit le comportement transitoire global du circuit. Subjectivement parlant, le non respect de ce point peut créer une bosse ou trop de brillance et d'insistance dans les sons aigus. Cela affecte également les liens entre les notes, les lignes mélodiques et donc la constance et la justesse des timbres à tous niveaux sonores. Mais le paramètre subjectif le plus touché est l'image qui perdrait sensiblement de ses dimensions et de sa ponctualité.

3. Circuit le plus rapide possible et adoption de bande passante et slew rate croissants en fonction de l'ordre des étages (le premier étage de bande passante « relative » le plus faible et le dernier étage le plus rapide) : soit deux étages consécutifs de gain égal à 10. Pour un échelon de tension de 1 V appliqué à l'entrée du premier étage et en supposant que celui-ci a un temps de montée de $1 \mu s$, le second étage se verra appliquer à son entrée un signal de balayage $10 V/\mu s$. Dans ce cas, un comportement parfait du second étage (non simplification des harmoniques) sera, entre autres et au moins synonyme d'un slew rate de $100 V/\mu s$ pour ce dernier. D'où l'importance de mettre en cascade des étages de plus en plus rapides. Aussi, dans le cas des amplificateurs contre réactionnés, cette précaution contribue-t-elle de façon majoritaire à la stabilité du circuit vis à vis de tout type de charge, ce qui est fondamental.

4. Utilisation d'un taux de con-

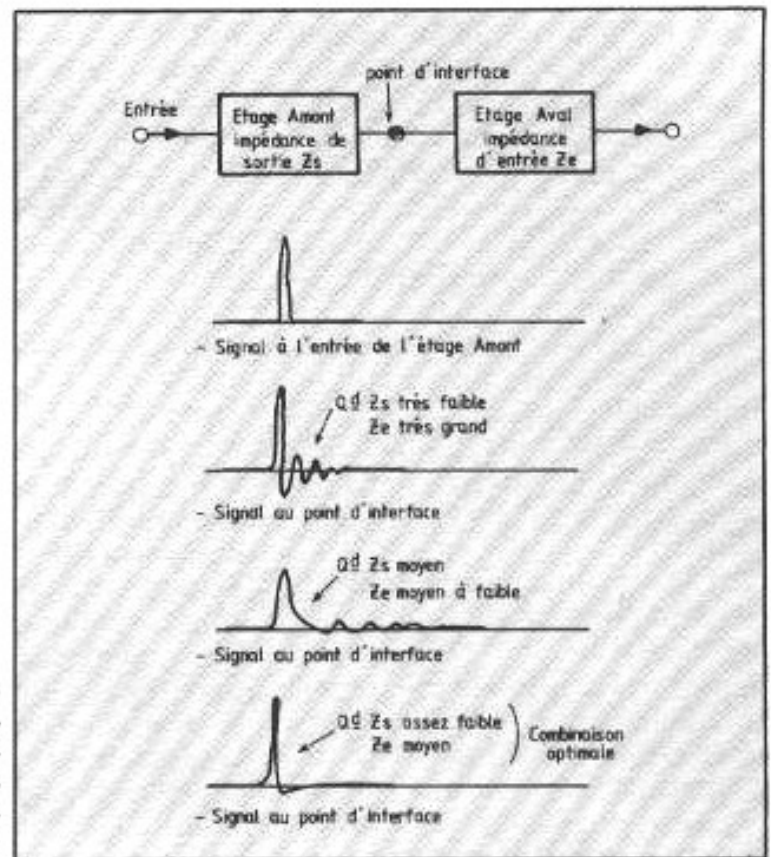


Fig. 5 : L'influence des impédances entrées sorties sur les signaux transitoires.

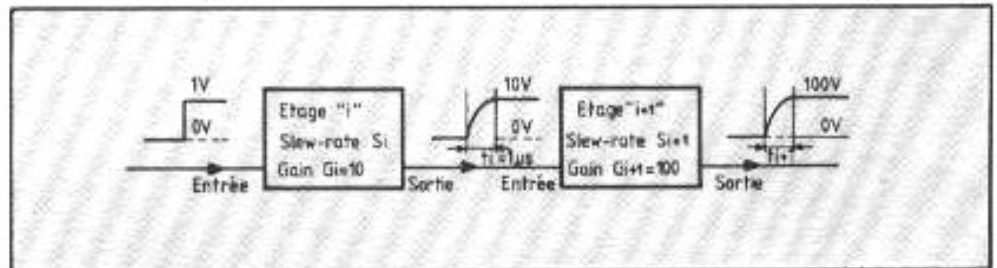


Fig. 6 : Pour un comportement parfait $t_{i+1} = t_i$, alors il est nécessaire que $S_{i+1} = G_{i+1} \times S_i$.

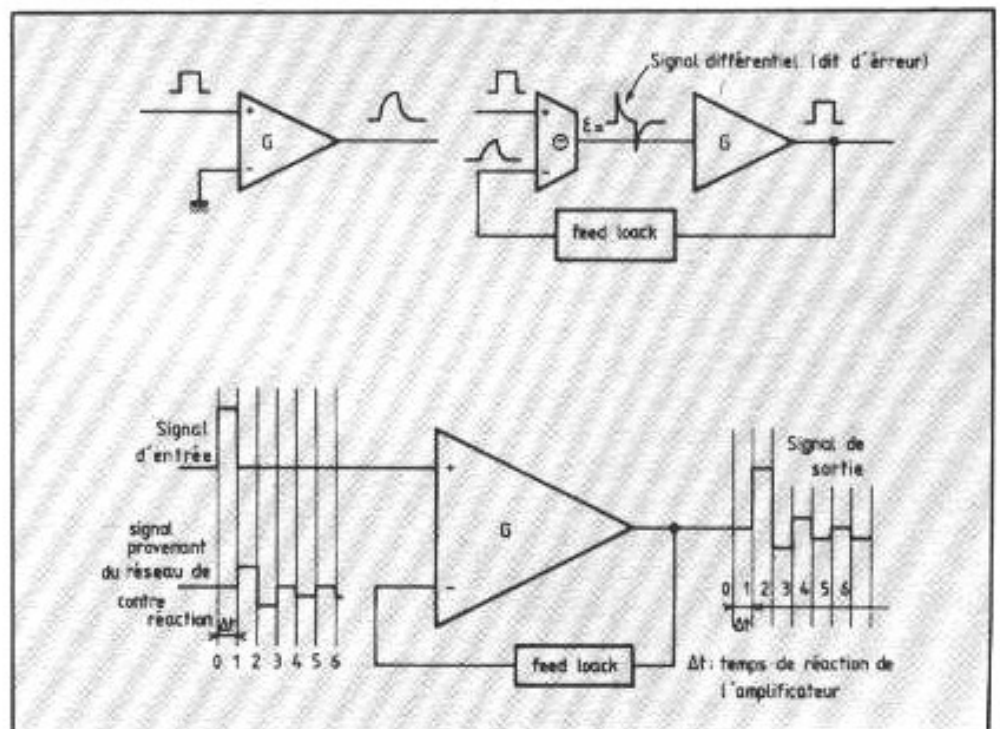


Fig. 7 : Exemple très imagé d'application d'un signal de type « dirac » ayant une largeur temporelle égale au temps de réverbération de l'amplificateur.

tre réaction très faible et seul dans le but de stabilisation du gain global du circuit vis à vis des dérives de caractéristiques des éléments dans le temps. En outre, cette contre réaction, aussi faible qu'elle soit, ne doit pas modifier (« élargir ») la bande passante naturelle en boucle ouverte du circuit. En effet, un circuit contre réactionné ou « rebouclé » devient un amplificateur d'un « signal différentiel » résultant du signal d'entrée et une fraction du signal de sortie.

Le signal différentiel également appelé signal d'erreur ϵ peut devenir très différent du signal réel de l'entrée si le circuit a un temps de réaction « pas trop rapide ». Alors amplifier un signal ne ressemblant pas au signal d'entrée tout en reposant sur le fait que les limitations mêmes du circuit iront le faire tendre vers le signal original ne peut être subjectivement que catastrophique.

En réalité, le temps de réaction et de propagation au sein du circuit est en général très faible comparé aux temps caractéristiques des transitoires les plus rapides contenus dans le signal musical, ce qui tendrait à masquer les défauts de la contre réaction (voir L'Audiophile n° 31 : spectre de distorsion d'un amplificateur après application de la contre réaction, ceci en fonction de la rapidité de l'amplificateur).

5. Un circuit de gain conséquent (important) de façon à s'affranchir de l'utilisation d'un préamplificateur ligne : un maillon aussi neutre et performant qu'il soit n'est pas totalement transparent. Un préamplificateur ligne de moins à traverser par le signal, des câbles de liaison et des connecteurs de moins sur le trajet de celui-ci (influence subjective même du câble et captage des rayonnements parasites environnants) et aussi un investissement non négligeable moindre.

6. Utilisation des alimentations régulées ultra-rapides ayant une impédance interne « constante » supérieure d'au moins jusqu'à deux octaves des fréquences audibles extrêmes (20 kHz) : en effet la « constance » de l'impédance impose une structure de circuit de régulateur extrêmement rapide avant même l'application de toute contre réaction, une stabilité totale de sa tension de sortie (absence de toute oscillation propre ou provoquée par une charge en sa sortie), cela sans **aucun** condensateur en parallèle en sortie et l'utilisation seule d'un condensateur de très faible valeur pour un lissage de l'impédance de sortie (à partir de la fréquence de coupure naturelle en boucle ouverte du régulateur). Ce condensateur effectuera, du même coup, une absorption des bruits résiduels de type thermique et/ou bruit propre des composants (ex. : bruit de diode Zener).

Architecture et conception générale

Dans le paragraphe qui suit, les caractéristiques générales « puissance, capacité en courant, gain, nombre d'étages... » vont être définies et développées. Puis, l'architecture générale du schéma bâti autour de ces derniers paramètres, tout en s'appuyant sur les lignes directrices précédemment évoquées, sera exposée. Chaque étage fera l'objet d'une description détaillée autant sur ses aspects théoriques et son comportement subjectif individuel que sur l'intégration et son apport au circuit global ; la complémentarité objective et surtout subjective des étages a été un point auquel une attention très particulière a été prêtée.

Puissance

Pour définir la puissance, non seulement les capacités propres de l'étage final et son alimenta-

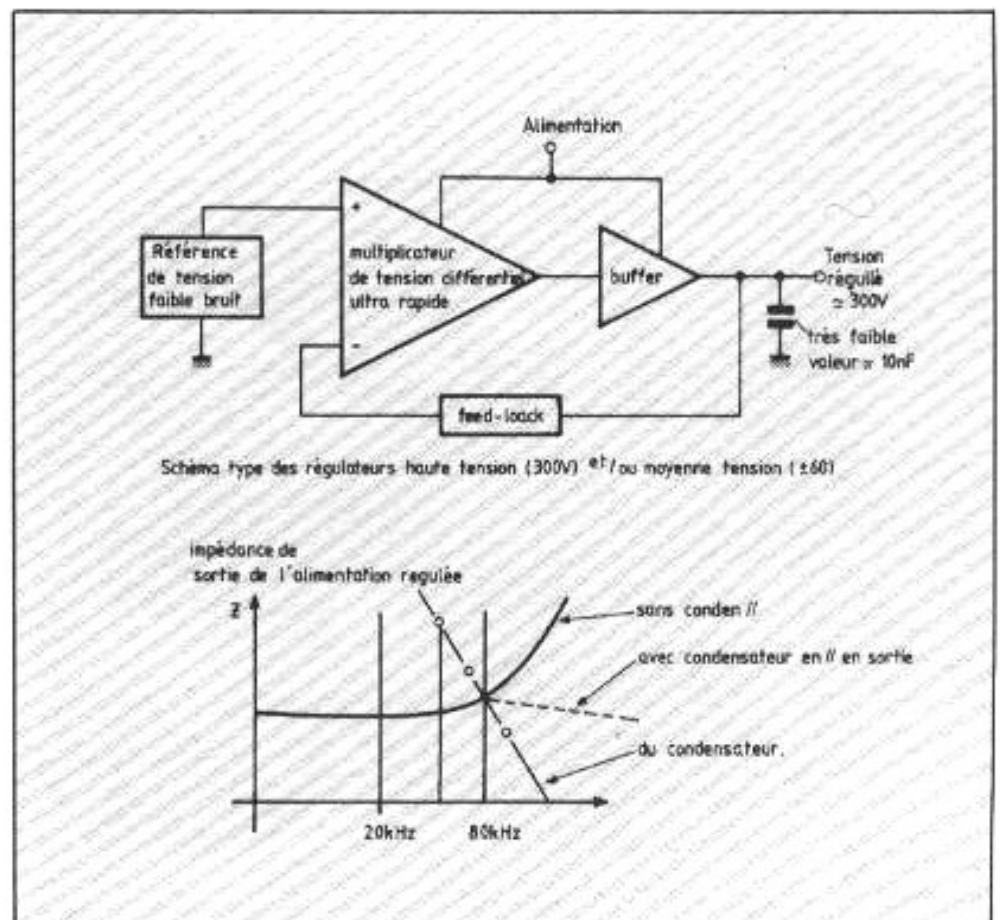


Fig. 8 : Schéma type des régulateurs haute tension (300 V) et/ou moyenne tension (± 60).

tion sont à être prises en considération mais, également et surtout, le balayage en tension que pourrait effectuer les étages d'amplification et cela, sans saturation ni en étant à leurs limites. Le choix, en ce qui concerne ces étages, s'est porté sur des tubes car les étages conçus à partir des tubes ayant des alimentations assez élevées en tension (en moyenne 200 à 300 V), un balayage en tension d'une centaine de volts a été très facilement envisageable. La puissance a ainsi été fixée à 200 W, correspondant à 56 V en crête de tension sur une charge de 8 Ω :

$$\begin{aligned}\sqrt{P \times R} &= V_{\text{RMS}} \\ \sqrt{200 \times 8} &= 40 \text{ V} \\ V_{\text{crête}} &= \sqrt{2} \times V_{\text{RMS}} \\ &= 400 \times \sqrt{2} = 56 \text{ V}\end{aligned}$$

Aussi, cette puissance confortable permettrait d'exploiter au mieux les enceintes de bas à moyen rendement (genre électrostatique ou ruban).

Capacité en courant de sortie

La puissance ayant été fixée vis à vis des charges difficiles et de faible rendement, il a été naturel que l'amplificateur ait été doté de la capacité de driver les charges de faible impédance. Cela a pris d'autant plus d'importance que le taux de contre-réaction global appliqué a été très faible. Il est intéressant de rappeler qu'une impédance de sortie basse est synonyme d'une plus grande stabilité sur charge complexe (une sensibilité moindre vis à vis de la nature de la charge), d'une meilleure linéarité et tenue dans le grave et d'une dynamique subjective constante à toutes puissances. L'impression subjective ainsi procurée est d'un haut-parleur tenu d'une main de fer, d'un ampli poussant très fort sur les attaques et semblant illimité en puissance.

Un simple calcul

$$\frac{V_{\text{crête}}}{Z_{\text{imp. mini}}} = \frac{56}{2} \approx 28 \text{ A}$$

a recommandé une capacité en courant d'une trentaine d'ampères.

Gain en boucle ouverte et en boucle fermée

Ces deux paramètres seraient particulièrement importants car définissant le point de départ de l'architecture des étages étant donné le souhait de ne pas utiliser de préamplificateur ligne ; le gain global devrait être important et la sensibilité élevée. En général, une sensibilité d'entrée de 1 V pour la puissance maximale serait un chiffre usuel pour un ampli. L'ajout d'un préamplificateur ligne de gain moyen — 20 dB (10) — ramènerait la sensibilité à 0,1 V pour P_{max} .

Dans le cas présent de $P_{\text{max}} = 200 \text{ W}$ et donc d'une tension crête de 56 V, une sensibilité d'entrée de 0,2 V a été fixée, ce qui aurait imposé un gain en boucle fermée de $\frac{56}{0,2} = 280$.

Comme taux de contre réaction, la valeur très raisonnable de 6 dB a été retenue. Elle permettrait une marge de 20 % sur les variations de caractéristiques des composants intervenant sur le gain dans chaque étage (20 % étant largement surestimé).

La valeur de contre réaction fixée à 6 dB, le gain en boucle ouverte du circuit a donc dû être de 560.

Nombre d'étages d'amplification en tension

Pour déterminer le nombre d'étages, trois points ont été pris en considération :

1. Moins il y aurait d'étages, meilleur cela serait.
2. L'amplificateur devrait conserver la phase absolue du signal. Dans le cas d'une inversion de la phase absolue par un élément quelconque constituant la chaîne, une inversion des branchements des bornes de polarité de chaque haut-parleur aux points de liaison avec son filtre (et seulement à ce point, cohé-

rence des masses ampli-filtre oblige) devra être effectuée pour retrouver la phase absolue. Dans certains cas, et cela suivant le bobinage des haut-parleurs, très curieusement des résultats supérieurs peuvent être constatés. Mais en général et pour les haut-parleurs bien conçus, les bobinages ont été optimisés vis à vis de la phase absolue et des polarités. (Se reporter à l'article reportage sur Onken et interview de M. Koizumi, L'Audiophile n° 32 mai 1984). Donc le respect de la phase absolue est nécessaire.

3. Le gain requis imposerait un nombre minimal d'étages si l'obtention d'une impédance de sortie correcte et une réponse transitoire rapide est exigée.

Evidemment, le nombre d'étages augmentant, le nombre des pôles dans la fonction de transfert de l'amplificateur ne ferait que croître et le risque d'instabilité en boucle fermée n'évoluerait qu'en s'accroissant.

Par conséquent, un compromis de deux étages a semblé être nécessaire et suffisant pour la partie amplification en tension. La répartition du gain global en boucle ouverte de 560 a été faite dans les fourchettes de [16 à 20] et [35 à 28] consécutivement pour chaque étage. Les valeurs définitives ont été fixées ultérieurement en fonction du seuil de saturation d'entrée du second étage.

Premier étage Choix du tube

Le choix du tube passe naturellement et dans un premier temps par la détermination de sa nature : triode ou pentode. En se référant à des amplis extrêmement coté subjectivement, comme les OTL de Futterman, le WE 300B, le JH 50 ou d'autre réalisation aussi prestigieuse et même les amplificateurs à transistors qui adoptent des étages d'entrée en configuration cascade s'apparentant aux pento-

des, il est aisé de constater qu'un étage d'entrée à pentode est plus que répandu.

Cependant, une analyse plus approfondie confirmerait que la sélection de la pentode pour un premier étage dans les amplis à tubes est essentiellement motivée par l'obtention d'un gain important à ce niveau.

L'impératif gain au premier étage n'ayant pas été le nôtre, le choix concernant le tube de ce premier étage a été porté sur la triode. Les arguments soutenant ce choix, par ordre de priorité et par comparaison avec la pentode, sont les suivants :

- musicalité supérieure,
- meilleure linéarité (distorsion harmonique réduite et dynamique plus homogène),
- bruit sensiblement plus faible,
- mise en œuvre plus simple (absence de polarisation grille-écran).

En adoptant la triode pour cet étage, restait à définir sa référence. Le choix a été tout de même assez restreint car la disponibilité immédiate et future a été sérieusement prise en considération. Parmi les tubes conçus à l'origine pour l'audio et qui pourraient remplir la fonction, les ECC81, ECC83, ECC88 sont à citer. L'ECC83 n'a pas été retenu pour une question d'impédance interne trop élevée. Quant à l'ECC81, bien qu'étant un tube excellent et moins microphonique que l'ECC88, ce dernier lui a été préféré. Deux arguments essentiellement dictent et appuient ce choix :

- l'ECC88, aussi référencé outre-Atlantique 6DJ8, est un tube destiné à la H.F., donc plus rapide que l'ECC81 ;
- le bruit thermique d'un tube diminuant, entre autres, avec la racine de sa transconductance ($\sqrt{g_m}$), cela laisserait supposer, théoriquement, un bruit thermique plus faible pour l'ECC88 comparé à l'ECC81. Ceci étant, l'ECC88 — ou 6DJ8 — est disponible sous diverses provenan-

ces et donc, malheureusement, à des qualités diverses. (Il existe même une version « low noise » possédant une anode à la géométrie particulière.)

Les meilleurs seraient les ECC88 série professionnelle et les 6DJ8 version militaire. Il existe également une version ECC808S de Telefunken (année 70) subjectivement remarquable mais assez difficile à trouver en très bon état (vide encore poussé).

Enfin, ce tube est un choix solide car intensément utilisé dans les réalisations de prestige comme Audio Research et/ou California Audio Labs (subjectivement approuvé).

Schéma

Bâti autour d'une triode, opérant une inversion de la phase absolue, procurant un gain de l'ordre de 16 à 20 et se voulant très performant subjectivement, cet étage ne peut être qu'un étage d'une simplicité étonnante (voir fig. 9).

On constate qu'une charge d'anode d'une valeur relativement faible (33 k Ω) a été retenue, cela essentiellement pour l'obtention d'une bande passante large. Une résistance d'auto-polarisation de l'ordre de 500 Ω fixe le gain dynamique et le point de polarisation statique de l'étage, ce qui porte la tension de l'anode à 80 V. La résistance de 500 Ω devrait être affinée en fonction du tube utilisé, ceci étant dû à la disparité des caractéristiques de ces derniers et pour avoir une tension d'anode exacte de 80 V nécessaire à une polarisation correcte de la grille du second étage — qui est en liaison continue avec l'anode.

Le courant circulant dans cet étage a été ainsi fixé à environ 3,5 mA, les dissipations dans la résistance de charge et le tube seraient donc de l'ordre de 420 et 280 mW respectivement. Ces valeurs peu élevées sont très conservatrices et laissent supposer une durée de vie prolongée pour

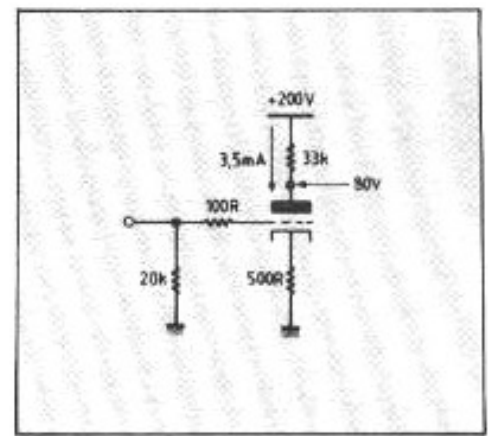


Fig. 9 : Schéma du premier étage avec charge d'anode.

le tube. Concernant le chauffage du filament (fatalement, il en faut un pour les tubes !), la tension est de 6 V en continu, un chauffage en continu offrant de meilleures performances en bruit pour l'étage. Avant la clôture de la description de ce premier étage, un détail de conception semble intéressant à évoquer : la mode actuelle dans la conception des étages à tubes consiste à mettre en parallèle deux ou mêmes plusieurs triodes dans les étages d'entrée. Cette pratique est essentiellement motivée par la volonté d'une diminution de l'impédance de sortie de l'étage et de l'augmentation de son gain. Bien qu'attrayante au premier abord, un défaut majeur, dû à la non « parfaite identité » des éléments mis en parallèle peut être attribué à ce type de montage : il s'agit d'une intermodulation aléatoire entre éléments constamment entretenue par le fait que chaque tube posséderait sa propre caractéristique (et donc une réaction bien spécifique). Ce phénomène est d'autant plus flagrant avec les tubes de transconductance élevée et peut même, dans certains cas, donner lieu à l'oscillation de l'étage.

Subjectivement, l'abaissement de l'impédance de sortie pourrait élargir l'image et améliorer la dynamique (si tel est le cas, la conception n'aurait pas été optimale et la concordance des impédances attaque-entrée n'aurait pas été respectée) ; par contre,

les informations spatiales seraient sérieusement affectées par l'intermodulation, ce qui se manifesterait par la réduction de la hauteur de l'image et par la perte de ponctualité des sources, plus sensiblement celles situées au centre de la scène sonore. Bien qu'une sensation d'une plus grande profondeur pourrait être ressentie (certes, due aux fausses réverbérations), cela ne serait qu'une illusion ne se retrouvant nullement dans l'étalement et l'étagement, en profondeur et en hauteur, des sources au sein de la scène sonore.

Second étage

Une pentode a été sélectionnée pour remplir la fonction d'amplification du second étage. Les motivations conduisant à ce choix ont été les suivantes :

— Le premier étage n'ayant pas une impédance de sortie basse, le second étage ne devrait pas représenter une charge importante et difficile surtout en haute fréquence pour celui-ci. Il est de notoriété que la capacité parasite d'entrée d'une pentode est bien moins importante que celle d'une triode et, par ce fait, la pentode devient sensiblement moins interactive avec son circuit driver.

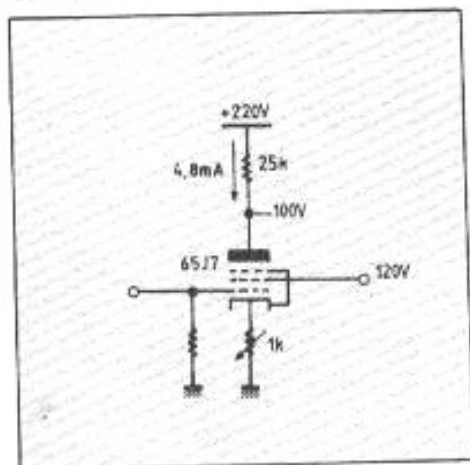


Fig. 10 : Schéma type du second étage, le vrai étage étant légèrement différent par le fait de sa liaison continue avec le premier. On constate un courant légèrement plus important et une résistance de charge d'anode plus faible (la vitesse oblige).

— Le second étage a été voulu encore plus rapide que le premier avec, cependant, un gain plus important (c'est assez contradictoire !). Il a donc été primordial que la résistance de charge de l'anode du second étage soit plus basse que celle du premier, le coefficient d'amplification d'une pentode se chargeant du supplément de gain et cela sans sacrifice de la réponse transitoire.

— Une certaine complémentarité subjective entre étages a été souhaitable de façon à ne pas euphoriser et/ou trop typer le son de l'amplificateur. L'association triode-pentode MOSFET s'est révélée merveilleusement complice (à l'instar de l'association pentode-triode du fameux 300B).

C'est pour ces raisons, son remarquable caractère et ses performances subjectives dans l'aigu que la pentode 6SJ7 a été retenue pour ce second étage.

Connexion premier-second étage

Cette liaison est fondamentale à la performance subjective globale de l'amplificateur.

La manière la plus simple et la plus classique pour relier ces deux étages aurait été un condensateur de liaison. Or, les condensateurs portent une très forte signature sonore et représentent une charge non négligeable pour le circuit driver. De plus, le réseau CR imposant sa constante de temps dans le grave, l'équilibre tonal général en aurait été très tributaire ; ce type de liaison a donc été exclu.

Une solution élégante et plus performante serait la liaison continue entre les deux étages à l'instar des amplis à tubes Loftin & White (voir fig. 11). Mais le point faible de ce type de montage est le réseau de condensateurs en parallèle sur la résistance de la cathode du second étage (l'augmentation de la résistance de la cathode pour fixer le point de fonctionnement statique de l'étage oblige le rajout à ce réseau de condensateurs pour ramener le gain dynamique de l'étage à une valeur normale). Malheureusement, la non linéarité de l'impédance interne des condensateurs et leur temps de charge et décharge exercent une influence néfaste sur la qualité du son.

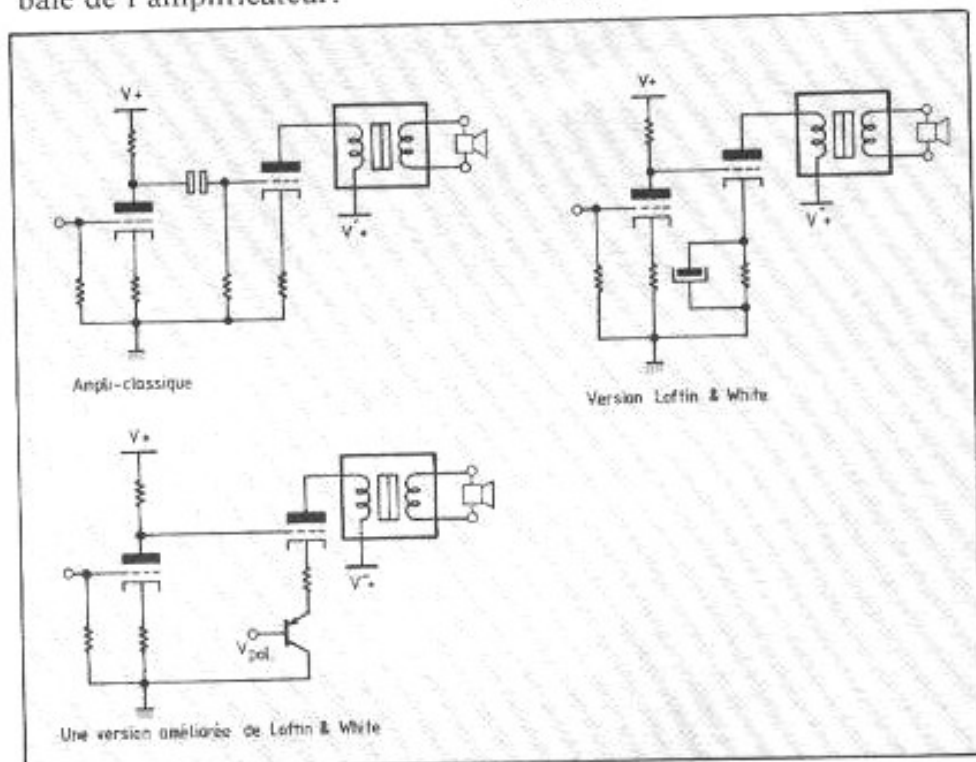


Fig. 11 : Diverses variantes de liaison entre étages pour les ampli à tubes.

La recherche de l'amélioration de cette carence a conduit au remplacement de la section polarisation cathode (réseau condensateur en parallèle-résistance) par une configuration plus performante : un transistor monté en émetteur-follower qui agit par rapport et à travers la masse. Une résistance de très faible valeur en série avec l'émetteur de celui-ci est destinée à parfaire la linéarité de l'impédance de sortie de ce dernier et à peaufiner le gain dynamique de l'étage.

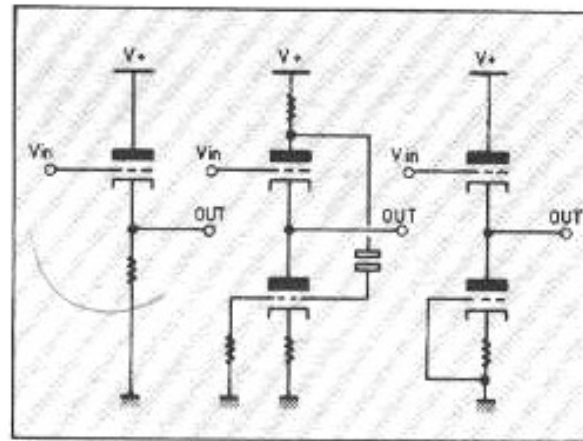


Fig. 12 : Trois buffers susceptibles de convenir au troisième étage.

Etages d'amplification en courant

Les étages d'amplification en tension fixés, les étages d'interface d'amplification en courant restent à être définis. Pour une adaptation optimale des impédances attaque-entrée entre les étages d'amplification en tension et la sortie, un minimum de deux étages a semblé être nécessaire.

Troisième étage

La liaison avec le second étage étant particulièrement critique (pour ne pas handicaper cet étage), le troisième étage devrait représenter une impédance d'entrée statique et dynamique élevée et surtout indépendante de la fréquence. De plus, remplissant la fonction « driver » des étages finaux, une impédance de sortie faible a été vivement requise, ceci pour une stabilité accrue du dernier étage vis à vis des charges complexes.

Tous de gain unitaire, trois types de montage ont été plus ou moins susceptibles de convenir : le cathode follower, le totem pole ou le SRPP cathodyne (voir fig. 12).

Bien que subjectivement performant, le cathode follower n'a pas été retenu à cause de son impédance de sortie relativement élevée et de l'inégalité de ses temps de montée et de descente (son « fall time » étant fortement dépendant de la charge de la cathode).

Parmi les trois montages, c'est le totem pole qui possède l'impédance de sortie la plus faible, ceci en raison d'un travail en push-pull. La commande inférieure du tube se faisant par l'anode de la partie supérieure via un réseau condensateur-résistance, le montage est doté d'une constante de temps dans le grave et, entre autres, d'une impédance de sortie non régulière. Aussi, ce push pull n'étant pas totalement symétrique, la qualité subjective (surtout celle concernant les informations spatiales) pourrait s'en ressentir. Ce montage a une impédance d'entrée assez critique et variable avec la fréquence et, de ce fait, représente une charge « pas facile » pour l'étage amont. Le totem pole a donc été non recommandable pour notre application.

Un SRPP cathodyne à fort courant a finalement été retenu pour le troisième étage. L'avantage de ce type de « buffer » est la possibilité d'attaque en courant (et à courant constant quelle que soit la tension) de l'étage situé à son aval. Il possède également des atouts comme : vitesse et grande stabilité et est très facilement drivable.

Deux doubles triodes 6CG7/6FQ7 en montage pair parallèle forment le SRPP cathodyne du troisième étage. Le courant de bias sera de 20 mA ajusté par la

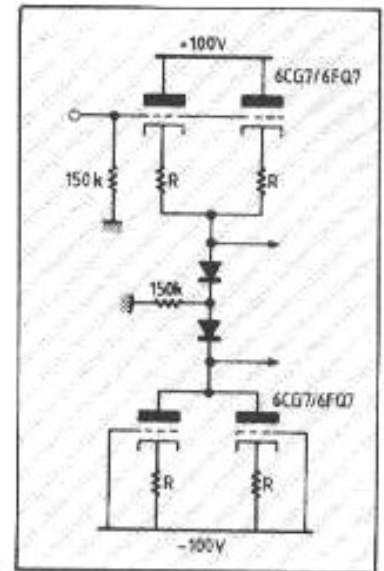


Fig. 13 : Schéma du troisième étage.

résistance de cathode de la paire inférieure et deux diodes en série serviront à la polarisation de l'étage final.

Quatrième étage, étage de sortie

L'étage de sortie (interface avec les haut-parleurs) a été confié aux MOSFETs. La rapidité et surtout leurs performances subjectives seules ont justifié ce choix.

Il s'agirait des MOSFETs de type **horizontal** de chez Hitachi. Ces transistors, conçus à l'origine pour des applications audio, se retrouvent dans toutes les dernières meilleures réalisations mondiales (Goldmund, Perreaux, Conrad-Johnson...), ce qui ne peut être qu'un gage de leurs performances. Plus rapides que les MOSFETs verticaux, baptisés VMOS, DMOS ou HEXFETs, ils sont plus facilement drivables, restant cependant plus critiques sur ce point quand ils sont comparés à leurs homologues « bipolaires ». Toutefois, la seule contre performance qui pourrait être citée à leur égard est leur résistance de sortie deux fois plus élevée que celle des MOSFETs verticaux (1 à 1,7 Ω contre 0,5 à 0,7 Ω). Il serait intéressant de noter que la performance subjective de ces transistors est très probablement due à leur « faible et pratiquement constant » taux de contre

réaction interne lorsqu'ils sont montés en « source follower », leur transconductance g_m n'étant que de 1 A/V et presque constante en fonction du courant, à l'inverse des bipolaires qui possèdent une transconductance nettement plus élevée et variable en fonction du courant de leur collecteur. Cette variation de transconductance avec le courant du collecteur qui induit une contre réaction interne variable en montage émetteur-suiveur (montage utilisé pour les étages de sortie entre autres) pourrait être à l'origine des performances subjectives inférieures des transistors bipolaires quand ils sont utilisés dans les étages finaux ; un manque de lucidité, de distinction et de liberté des sons aigus dans les transitoires et/ou dans les sons particulièrement chargés et complexes pourrait être citée comme exemple.

$$g_m \text{ bipolaire} = \frac{I_c}{r_e} = \frac{I_E}{KT/q}$$

r_e : résistance équivalent de l'émetteur

K : constante de Boltzman

T : température absolue

q : charge élémentaire de l'électron

I_c : courant de polarisation de l'émetteur

pour $I_E = 1 \text{ A}$, $g_m \approx 38 \text{ A/V}$.

Fig. 14 : Formule rappelant le calcul de la transconductance d'un transistor bipolaire.

Connexion troisième-quatrième-cinquième étages, schéma global

Pour une question d'attaque et de balayage en courant des gates des MOS destinées à la charge et à la décharge optimales de leurs capacités parasites (ce qui est primordial et incontournable pour la stabilité des MOS vis à vis des charges capacitives et/ou complexes), une liaison directe a été adoptée entre le quatrième et le cinquième étage. Cette liaison continue, inévitable, n'a été possible que grâce à la très grande stabilité des ali-

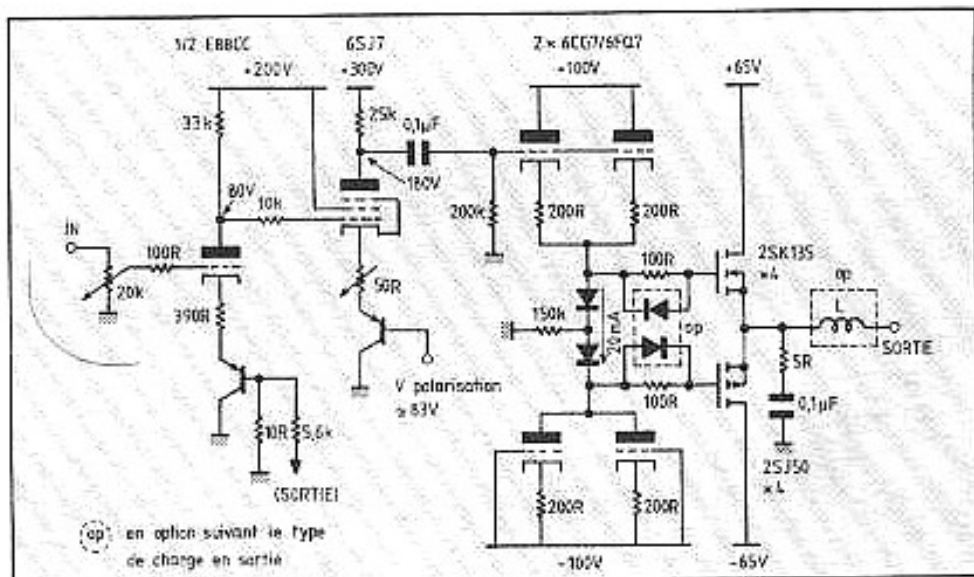


Fig. 15 : Schéma complet de l'amplificateur.

mentations symétriques du troisième étage, prévenant toute dérive en tension continue à la sortie de l'amplificateur. Etant donné la liaison directe entre le troisième et le quatrième étage, le second étage n'a pu être relié au troisième, malheureusement, que via un condensateur. Malgré toutes les limitations subjectives qu'il comporte, ce type de liaison présenterait au moins l'avantage de permettre de jouer sur l'équilibre tonale dans le secteur des graves du système complet ampli-enceintes-pièce d'écoute, ceci naturellement en vue d'une optimisation avec, toutefois, une marge de manœuvre assez étroite, la valeur du condensateur de liaison ne pouvant être modifiée démesurément sans porter préjudice aux performances dynamiques du second étage. La valeur optimale retenue est de 0,1 µF, la fourchette de variation permise peut être de [68 nF à 220 nF].

Conclusion

La description de l'architecture générale s'est voulue détaillée pour mieux rapporter l'esprit dans lequel cet amplificateur hybride a été conçu : pas de circuits complexes, pas de circuits différentiels à double élément, pas de circuits symétriques et/ou complémentaires et/ou push pull (sauf pour l'étage final), pas de

chasse à la distorsion harmonique « à trois zéros après la virgule » en régime quasi statique ou périodique, pas de taux de contre réaction élevé. Mais un minimum d'étages polarisés en classe A et travaillant avec des tensions et surtout des « courants élevés », des étages stables avec le minimum d'intermodulation transitoire et servis par des alimentations voulues les plus parfaites possibles.

Bref, de la sophistication seulement dans la simplicité ayant pour but l'aboutissement à la meilleure des performances subjectives. Et, quant à celles-ci, la première des priorités a été attribuée à « image » et « informations » spatiales qui, à ma conviction, sont les plus complexes et ardues à conserver et à retranscrire.

Si 35 % de la performance subjective d'un amplificateur peuvent être octroyés à son schéma, 35 % devraient l'être à ses alimentations, 20 % à l'architecture de ses lignes de masses et 10 % à ses composants et à sa réalisation globale.

Il est donc normal que cette première partie un peu théorico-subjective débouche sur une seconde plutôt axée sur tous les aspects réels et pratiques de la mise en œuvre, y compris les fondamentales alimentations régulées ultra rapides.

**Page non
disponible**

POINT DE VUE

LE POTENTIEL ZERO la masse, cette inconnue

Jean-Claude Tornior

Q

ui, en construisant un amplificateur ou autre élément Hi-Fi, n'a pas eu maille à partir avec des ronflements ou autres déboires incompréhensibles à partir du schéma. Ce même schéma n'apportant pas beaucoup de précisions sur « cette » ligne de masse figurée au bas du dessin par un trait et à laquelle sont ramenées certaines connexions.

Cette ligne de masse présente, du début à la fin du circuit, est souvent considérée à tort comme un élément secondaire.

A l'ombre du signal, bien moins glorieuse car elle ne comporte aucun élément actif, elle est l'élément le plus important de votre circuit : elle représente le potentiel 0, la « référence ».

C'est à partir de ce potentiel zéro dont la valeur absolue importe peu que s'identifient le circuit et les différents potentiels actifs. Chaque fois qu'une tension est énoncée il sera sous-entendu par rapport au potentiel zéro. Chaque fois que le signal est qualifié ou quantifié ce sera encore par rapport à ce potentiel zéro. Il faut se rappeler que toute mesure électrique est faite en deux points : bien sûr le signal

mais aussi la masse qui sert de référence ou plutôt de potentiel zéro.

La ligne de masse d'un appareil audio

Voyons tout d'abord son rôle et les influences auxquelles elle est soumise.

1 - Isolée du secteur elle en subit toutefois l'influence par la perméabilité relative du transforma-

teur d'alimentation.

2 - Elle sert de base pour toutes les tensions du circuit. Son cœur est situé au pied des condensateurs de filtrage ou des régulateurs de tension.

3 - Elle relie et uniformise, par l'intermédiaire des câbles de liaison reliés aux autres appareils en entrée comme en sortie, le potentiel zéro de chacun.

4 - Elle sert de référence zéro au circuit lui-même.

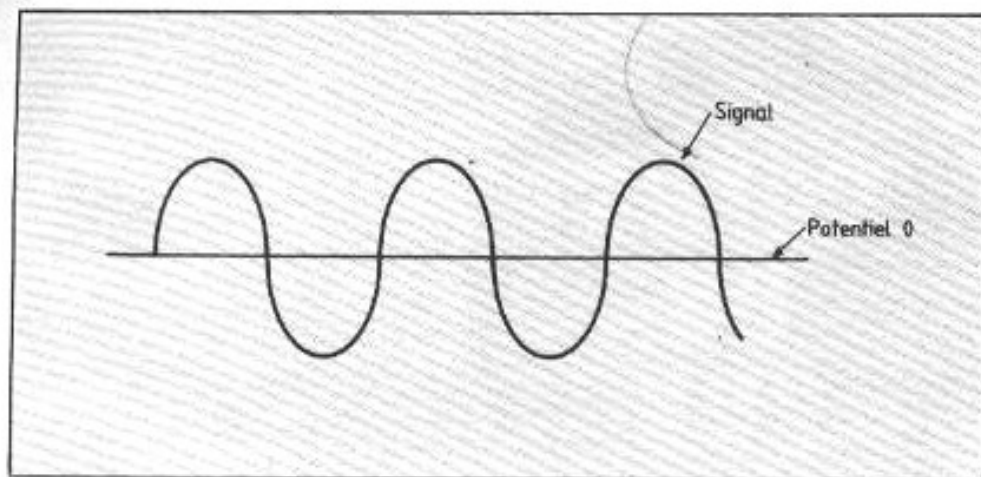


Fig. 1 : Le signal et le potentiel 0 (signal alternatif).

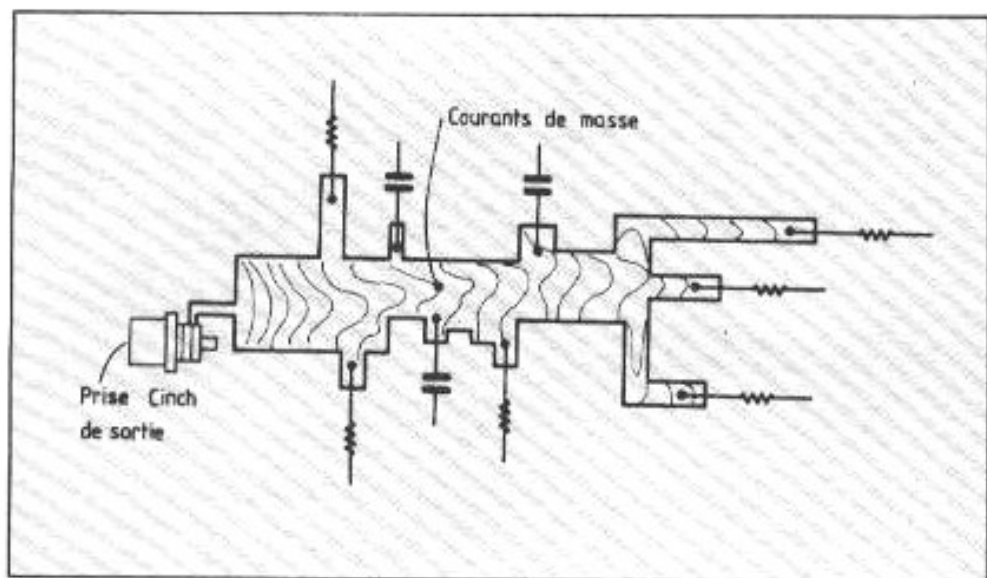


Fig. 2 : Dessin d'une ligne de masse d'un appareil industriel.

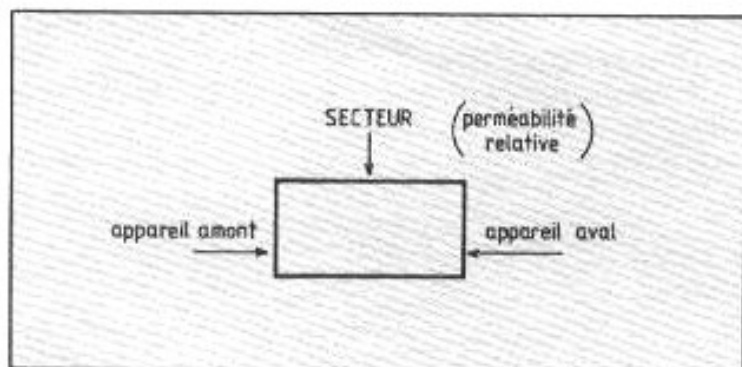


Fig. 3 : Influences subies par notre circuit dont découle l'établissement de son potentiel 0.

Dans la théorie aucun problème majeur car tous les points de masse de nos différents appareils reliés entre eux sont théoriquement au même potentiel et isolés du secteur. Dans la pratique il n'en est malheureusement pas de même.

Tout d'abord dans un même appareil selon la configuration de la ligne de masse et de ses dif-

férents raccordements circulent des courants variés qui déterminent, compte tenu de l'impédance même faible du circuit, des potentiels variables modulés selon la somme des intensités locales de passage. Ensuite lors de son insertion dans la chaîne électronique notre appareil reçoit par les liaisons de masse avec d'autres, des courants

d'équilibrage qui déterminent de légères différences de potentiel. En effet, compte tenu d'une perméabilité relative des transformateurs d'alimentation des appareils, les potentiels zéro de chacun peuvent être différents. Ils s'équilibrent sur un potentiel zéro « naturel » par l'intermédiaire des masses des câbles de liaison. Ainsi chaque nouvel appareil actif raccordé modifiera le potentiel zéro « naturel » ainsi que les courants de masse.

Trois grandes influences

Comme nous commençons à le voir, notre appareil connecté dans une chaîne voit sa ligne de masse subir 3 grandes influences. 1 - De la part des autres appareils actifs entre lesquels il est accordé.

2 - Par la perméabilité relative de son alimentation.

3 - Par les forts courants qui peuvent provoquer des différences de potentiel locales néfastes pour l'organisation de la ligne de masse.

Voyons ainsi point par point l'importance de chacun des types d'influence que nous venons de voir.

1 - Par le raccordement à d'autres appareils actifs. L'équilibrage au potentiel zéro entre appareils actifs par le conducteur froid du câble de liaison : le courant circulant dans la masse entre chaque appareil permet d'équilibrer leur potentiel zéro. La haute impédance de l'isolement de chacun des transformateurs au regard de la faible impédance des câbles réalise presque parfaitement cette nécessité. Toutefois et différemment selon les cas la perméabilité de chacun des transformateurs produit sur leur secondaire une influence modulée en tension (50 Hz) dont la phase est différente de celle du secteur. Ainsi le courant que nous observons entre deux appareils est la somme de deux ten-

sions alternatives de 50 Hz décalées en phase.

Pour identifier ces courants, il est bien sûr nécessaire d'avoir recours à des appareils de mesure très sensibles alimentés par batterie. En modifiant le sens de branchement au secteur de l'un des éléments on modifie l'intensité et éventuellement le sens du courant d'équilibre. Ainsi en cherchant le plus faible courant il est possible d'améliorer le rendu sonore de la chaîne. Déjà de nombreux amateurs éclairés réalisent cette opération à l'oreille avec succès. Ne pas oublier qu'un nouvel élément rapporté sur une chaîne provoque un nouveau rééquilibrage des courants de masse. Plus incidemment, un appareil connecté à la chaîne et au secteur bien que hors tension peut influencer sur les courants de masse s'il n'est pas muni d'un interrupteur secteur double.

2 - La perméabilité relative de l'alimentation. Le transformateur d'alimentation dont un des rôles est d'isoler le circuit du secteur influence néanmoins celui-ci, en raison d'effets inductifs et de courants de fuite. Le secondaire se trouve à un potentiel résultant de l'influence des spires primaire/secondaire conjugué avec l'impédance interne des enroulements et l'impédance de charge des cellules de redressement. Ce potentiel « naturel » s'équilibre avec les différents autres appareils actifs comme nous l'avons vu précédemment. Il faut prendre toutefois quelques précautions :

- isoler du châssis les masses de toutes les fiches de liaison,
- ramener au point de masse idéal et séparément les masses des fiches d'entrée et de sortie ; il pourra n'être ramené qu'une seule masse pour les deux canaux d'un même appareil.

3 - Les forts courants par l'organisation de la ligne de masse : dans les amplificateurs modernes à liaisons directes, il

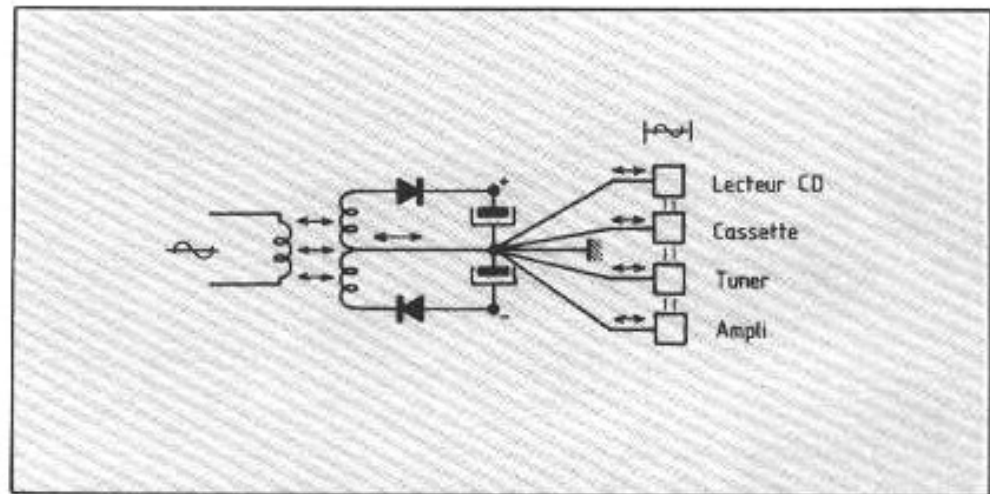


Fig.4 : Courants de fuite circulant dans la masse d'un préamplificateur relié à des éléments audio.

n'est plus fait constamment recours à la masse pour polariser les étages. Ainsi il n'est pas rare de voir des amplificateurs avec une seule référence faite à la masse en entrée, le signal de sortie étant référencé sur cette même entrée. Cependant, les étages intermédiaires, volume, contrôle de tonalité, filtres, font toujours référence à la masse. Ainsi, dans un circuit il est toujours fait plusieurs fois référence à la masse. Des courants divers en relation avec le signal ou non peuvent circuler dans ces connexions. La qualité de la « source » de masse doit être exemplaire sous peine de provoquer des détériorations du signal. Chaque connexion de masse doit être indépendante et rattachée au cœur de la masse dans chaque appareil.

La construction d'un amplificateur de qualité passe par une organisation parfaite de la ligne de masse.

L'organisation idéale d'une ligne de masse

Compte tenu des constatations que nous venons de faire nous allons essayer d'imaginer l'organisation idéale d'une ligne de masse.

Le point central de masse : l'alimentation en tension d'un appareil hifi quelle que soit sa fonction est constitué pour sa partie finale par une ou plusieurs cellules de filtrage. Ces cellules sont réalisées à base de condensateurs et parfois de régulateurs de tension. **Le cœur de la masse sera au pied des condensateurs de filtrage** et la référence des

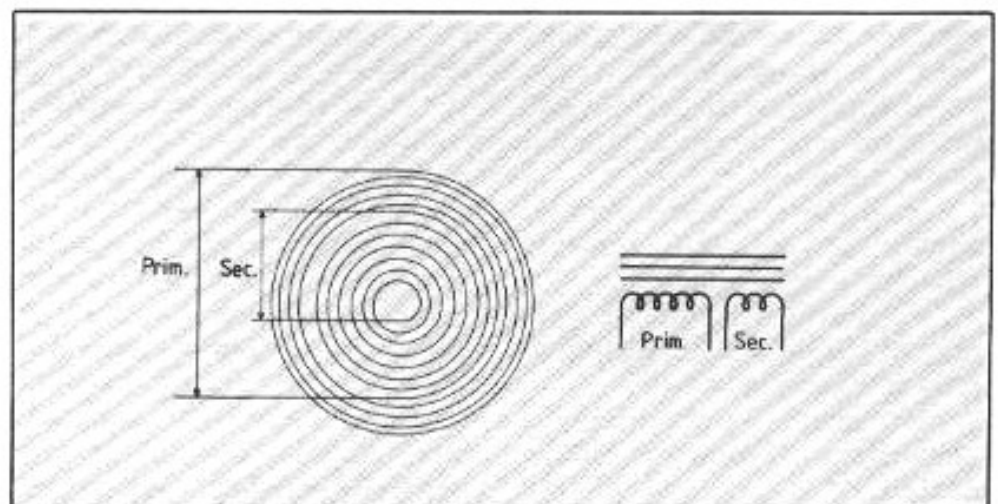


Fig.5 : Construction schématique d'un transformateur d'alimentation.

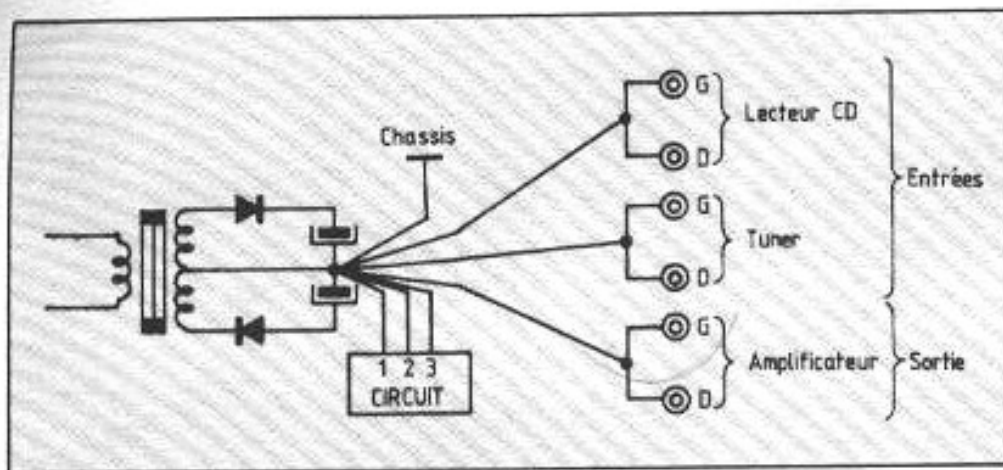


Fig. 6 : Construction des masses de liaison d'un préamplificateur idéal.

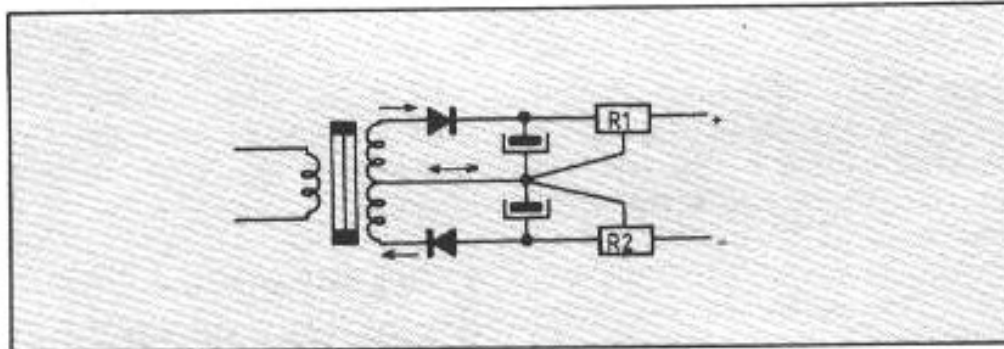


Fig. 7 : Variante avec régulateurs.

régulateurs de tension s'il y a lieu devra y être rapportée.

Pour l'établissement d'une parfaite ligne de masse plusieurs points seront importants :

- le cœur de la masse devra être proche du transformateur d'alimentation,
- les différents régulateurs de tension devront avoir leur référence de masse ramenée à ce même point,
- tous les points devant être reliés à la masse devront être ramenés séparément à ce point,
- toutes les masses des fiches de sortie ou d'entrée devront être ramenées séparément à ce point (1 par appareil),
- les fils de retour HP pour les amplis devront être ramenés séparément à ce point,
- le châssis isolé devra être ramené par un seul contact séparément à ce point,
- les châssis des différents appareils ne devront pas être en contact,
- deux liaisons de masse différentes ne devront pas utiliser la

même piste ou la même connexion.

Conclusion

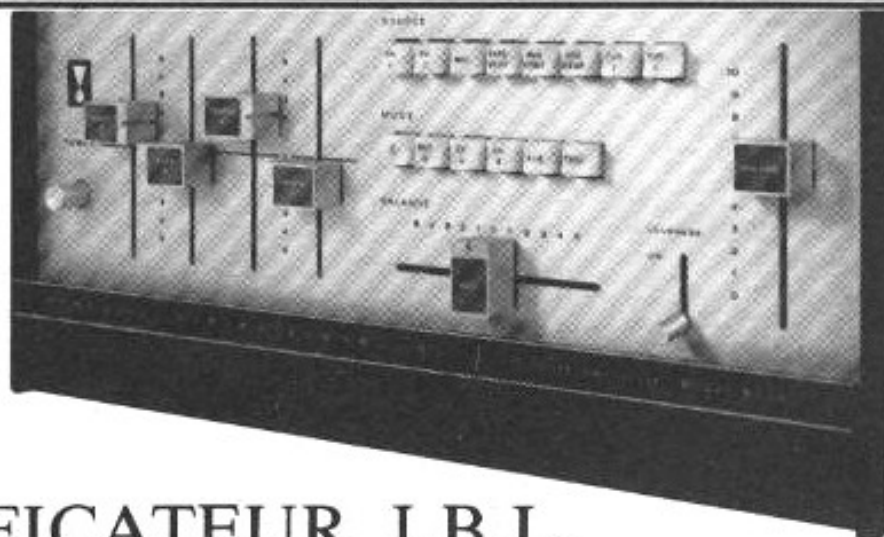
Ces quelques lignes passablement « ésotériques » n'ont pour seule ambition que de faire réfléchir les quelques amateurs avertis qui pourraient vouloir entreprendre la construction ou la modification d'un élément hifi de qualité. Souvent pour ne pas dire la plupart du temps les choix s'établissent sur le mérite d'un schéma ou de composants sans tenir compte de la qualité de la réalisation. L'auteur au cours de son expérience passée a vérifié au contraire que le même schéma pouvait restituer des résultats très différents selon la manière dont étaient réalisés les circuits. Il en est arrivé à la conclusion que l'organisation pratique d'un circuit est aussi importante si ce n'est plus que le calcul du circuit lui-même. Alors si vous vous attaquez à la construction d'un appareil, n'oubliez pas, pensez d'abord ligne de masse et organisation.

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

Jean Hiraga

LE MUSEE IMAGINAIRE



LE PREAMPLIFICATEUR J.B.L. SG-520E « GRAPHIC CONTROLLER »

L

a firme américaine J.B. Lansing fait partie

des plus grands spécialistes mondiaux du haut-parleur et de l'enceinte acoustique.

A travers ses nombreuses créations, J.B.L. a toujours été à l'origine d'une esthétique d'avant-garde. Prenons à titre d'exemple les haut-parleurs LE 15, LE 8T dont les châssis, les membranes furent et continuent d'être copiés un peu partout dans le monde.

Au milieu des années 60, J.B.L. lançait, parallèlement à ses activités, un préamplificateur qui marqua profondément son époque en y apportant une originalité dont le succès fut tel qu'elle fut reprise aussitôt après par de nombreux constructeurs : il s'agit de ces fameuses commandes à course rectiligne que J.B.L. baptisait « contrôles graphiques ». C'est une appellation

qui fut reprise également par bien des constructeurs, notamment sur ces correcteurs que l'on appelle encore « Graphic Controller ». Le premier d'entre eux, le JBL 520, naissait en 1965 et cachait derrière une esthétique résolument futuriste, un circuit très performant. Deux années plus tard, cette création hors normes allait se compléter d'un amplificateur de puissance qui

exploita pour la première fois un montage en T. Ces deux appareils firent la célébrité de J.B.L. qui l'on vint à considérer dès la fin des années 60 comme un grand spécialiste de l'électronique basse fréquence et transistorisée.

L'esthétique

Depuis fort longtemps déjà, les professionnels du son con-



Bart. N. Locanthy (doc. AES, 1988).

naissaient les commandes, les potentiomètres à course rectiligne. On en faisait largement usage sur les tables de mixage de l'époque et ce type de composant est toujours utilisé de nos jours. Souvent très onéreux, ces composants étaient constitués d'un système de commande coulissant sur rail ou sur glissière. Il s'agissait la plupart du temps non pas de simples potentiomètres, mais de véritables atténuateurs à plots en L, en T ou en H (600 Ω , à impédance constante par exemple) qui mettaient parfois en œuvre des centaines de résistances de précision. Sur le plan de l'utilisation, les commandes à course rectiligne sont appréciées dans le domaine professionnel. Elles sont précises, plus faciles à ajuster et donnent visuellement et même à une bonne distance, une indication précise de la position d'une commande variable. En transposant ce système sur un préamplificateur haute fidélité, J.B.L. a sans doute souhaité mettre à la portée des audiophiles les avantages procurés par ces composants tout en donnant à ce modèle une esthétique « professionnelle ». Autant dire que ce fut une idée de génie. Au Japon, JVC fut l'un des premiers à l'adopter en allant jusqu'à reprendre la même forme de cur-

seurs avec pour exemple les amplis-tuners AST-140E ou AST-215E. Les potentiomètres à course rectiligne allaient devenir d'autre part ce qu'il y avait de plus apprécié sur les correcteurs de fréquence paramétrique, ce en raison d'une visualisation immédiate de la correction amplitude/fréquence effectuée.

La face avant du préamplificateur SG 520E est représentée sur la figure 1. Comme on le voit, les boutons de commande classique de volume de balance de correction de tonalité grave et aiguë (séparées pour chaque canal) font place ici à des commandes rectilignes. Le « look pro » est accentué sur ce modèle par de superbes curseurs en aluminium, taillés dans la masse, de forme rectangulaire, avec incrustation des fonctions en blanc sur fond gris sur leur face avant. Sur le SG 520E, ces potentiomètres d'excellente qualité, réservés sans doute à un usage professionnel (figure 2) sont constitués

d'un corps en zamac et offrent une course rectiligne de 7 cm. Le bloc à touches, lui, n'a rien d'une innovation (certains constructeurs poussaient le luxe jusqu'à rendre lumineuses les touches en fonction). On remarque malgré tout la présence de huit entrées, soit deux entrées phono, deux entrées tuner, deux entrées auxiliaires, une entrée micro et une entrée magnétophone. La seconde rangée de touches est consacrée au sélecteur de mode avec, dans l'ordre et de gauche à droite, stéréo, stéréo inversée, canal gauche sur les deux voies, canal droit sur les deux voies, mono sur les deux voies et test (signal-test issu d'un petit circuit oscillateur mono-transistor).

Les commandes à course rectiligne sont au nombre de six. Quatre d'entre elles sont disposées à gauche, verticalement et servent aux réglages indépendants de tonalité grave et aiguë pour chaque voie. Sous les cla-

Fig. 1 : L'idée d'utiliser les commandes à course rectiligne obtint un énorme succès et fut reprise par de nombreux constructeurs.

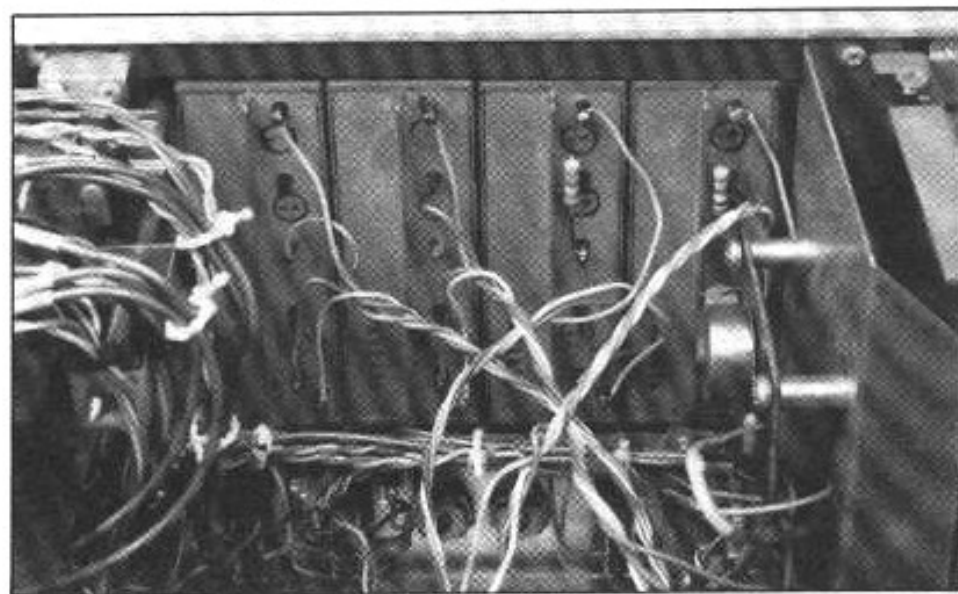
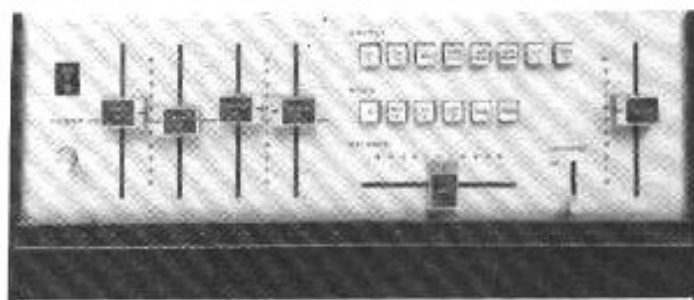


Fig. 2 : Aspect, côté câblage, des célèbres potentiomètres à course rectilignes (contrôles de tonalité).

viens à touches se trouve la commande de balance disposée horizontalement. A droite, la commande de volume est disposée dans le sens vertical. La commande de marche-arrêt s'effectue par bouton-poussoir. Celle de « loudness » est à clé, dans le style de celle que l'on a pu rencontrer sur le préamplificateur 7C du concurrent américain Marantz. La partie inférieure de la face avant en aluminium brossé cache là aussi une autre astuce qui, sans avoir été inventée par J.B.L., incita par la suite beaucoup d'autres constructeurs à faire de même. Il s'agit en effet de la trappe escamotable (elle bascule à 90°) dont l'ouverture fait apparaître des fonctions secondaires. On y trouve :

- un porte-fusible
- une entrée micro
- un filtre anti-rumble
- une paire d'entrées auxiliaires
- un filtre passe-bas
- une commande de mise en service du générateur-test
- une commande de monitoring
- une sortie enregistrement stéréo
- cinq réglages de niveau (phono, sortie)
- une prise casque (jack 6,35 mm).

Cette partie est représentée sur la figure 3. La partie dorsale sérigraphiée de la trappe permet un repérage facile de ces fonctions sans qu'il soit nécessaire de se baisser (cette partie étant en retrait par rapport à la face avant).

La face arrière (figure 4) est plus sobre. Les prises, au standard Cinch (il est baptisé RCA aux USA et dans de nombreux autres pays) sont disposées à la partie supérieure gauche. Sur ce modèle, J.B.L. avait prévu cinq prises secteur commandées par l'interrupteur principal et une prise secteur directe, toutes au standard américain.

Bien qu'il soit d'origine américaine, le SG-520E mesure exactement 400 mm de large pour 165 mm de hauteur et 320 mm

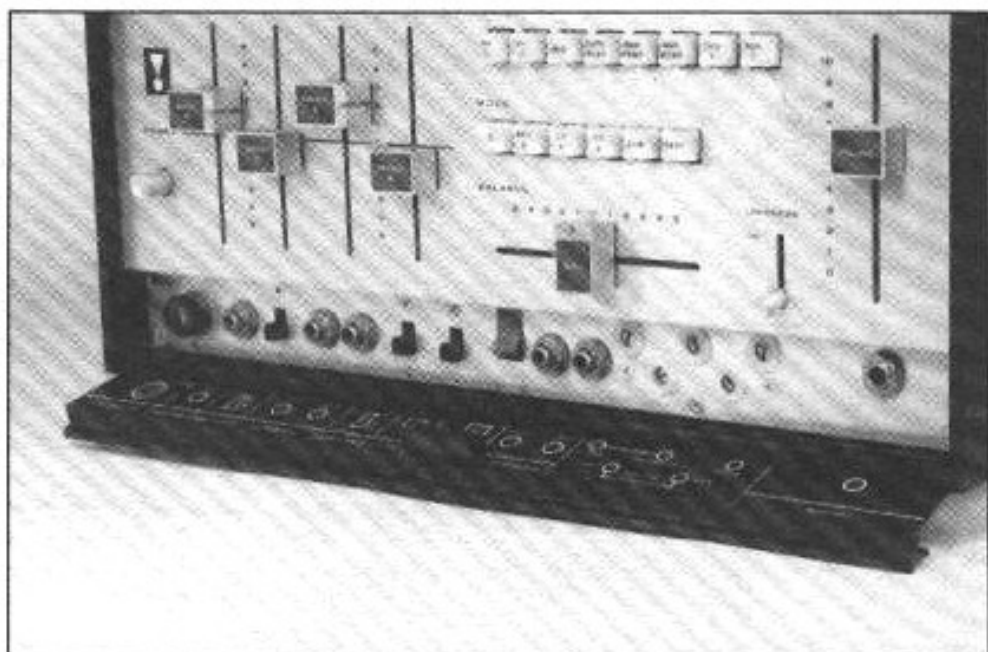


Fig. 3 : La trappe inférieure donne accès à des fonctions complémentaires. Cette idée fut, elle aussi, reprise par la suite sur bien des maillons. Elle est toujours appliquée de nos jours, principalement sur les versions de haut de gamme.

de profondeur. Des ouvertures sur les côtés latéraux montrent que cet appareil pouvait être encastré dans un rack. Il pouvait d'ailleurs se compléter d'une télécommande. Sur les versions destinées à l'exportation un système à vis permettait d'actionner ou non une bascule pour l'adaptation aux secteurs 110~130 V ou 220~240 V.

La construction

Le châssis est constitué d'une face avant en profilé d'aluminium avec côtés latéraux rapportés sur lesquels viennent se fixer le pourtour du châssis (alumi-

nium plié en forme de C). Cette formule classique permet d'avoir accès à tous les éléments du préamplificateur. Le châssis se complète de deux faces supérieures et inférieures. A l'intérieur trois platines, ou sous-châssis sont utilisés pour :

- l'alimentation (transformateur, quatre condensateurs électrochimiques, alimentation régulée) ;
- le blindage entre les deux voies ;
- le blindage de l'interrupteur M/A.

Les détails de la vue interne sont représentés sur la figure 5.

On distingue trois circuits

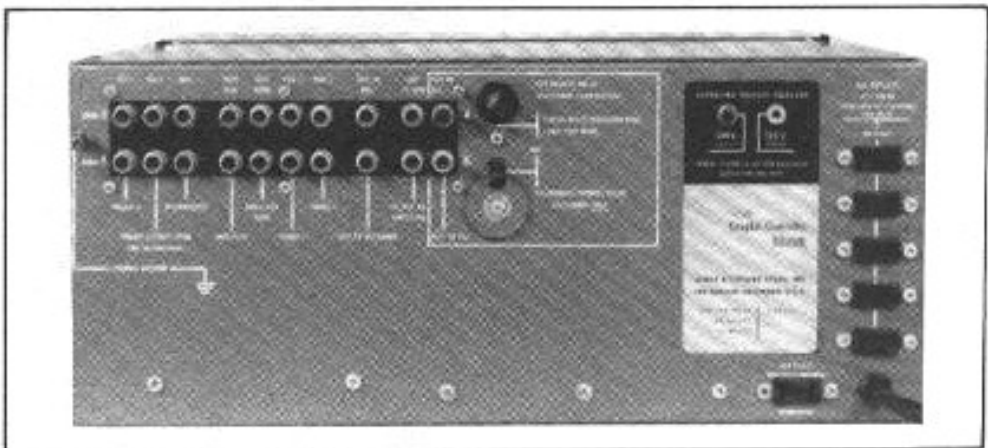


Fig. 4 : Vue arrière.

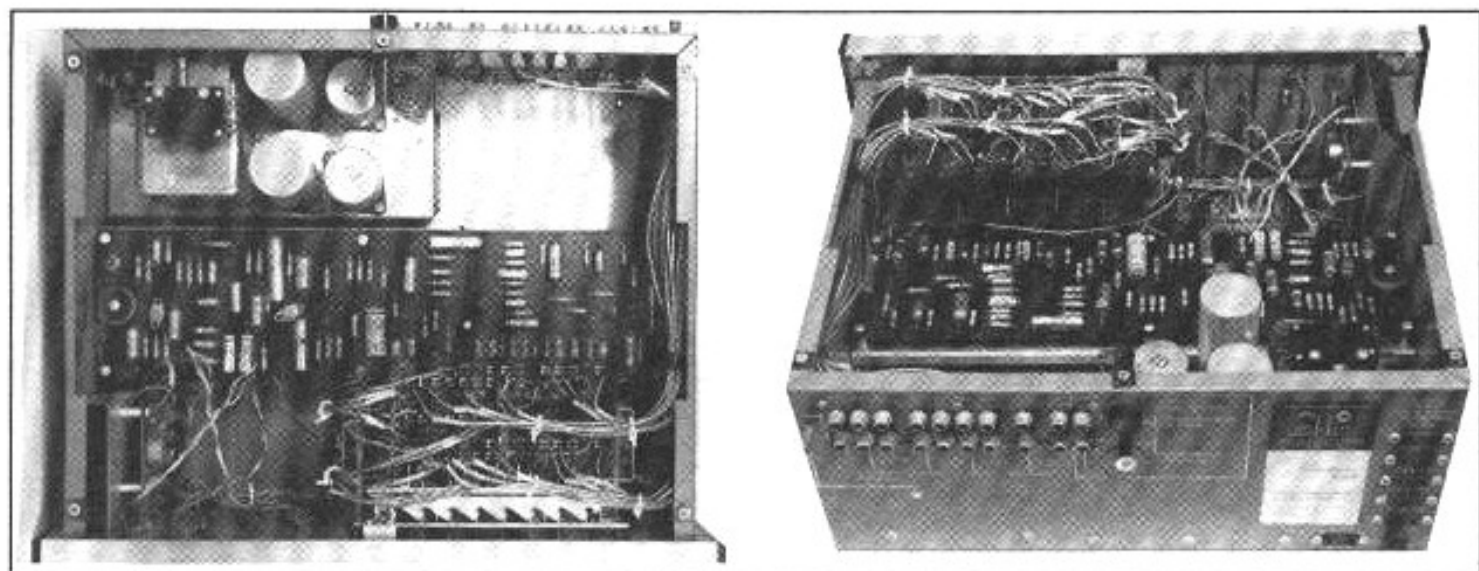


Fig. 5 : Vue interne.

imprimés principaux, soit deux identiques superposés mais séparés par un blindage, le troisième étant réservé à l'alimentation régulée - 21 volts. Encore peu courant à l'époque, les circuits imprimés font place ici à des supports en bakélite à dos cuivré et gravé. Sans doute introuvables de nos jours, les transistors sont d'origine General Electric, Delco et Motorola.

L'implantation sur circuit imprimé, encore nouvelle à cette époque simplifie énormément le câblage tout en évitant de nombreuses liaisons par fils transmittant par des cosses relais. Seul le câblage du double clavier à touches reste traditionnel (figure 6). On note à ce niveau la présence de nombreux fils blindés et regroupés par canal pour minimiser la diaphonie.

La construction, en avance sur son temps, est donc résolument moderne, en parfaite harmonie avec une esthétique nouvelle. Le circuit reste toutefois largement à la hauteur du reste.

Le circuit

Il faudrait s'étaler sur plusieurs dizaines de pages pour raconter la passionnante histoire de James B. Lansing qui se place aujourd'hui parmi les plus grands fabricants de haut-parleurs et d'enceintes acousti-

ques. Ce n'est qu'au début des années 60 que cette firme commença à s'attaquer à l'électronique. Le maillon baptisé Energizer, lui aussi très en avance sur son temps, était un amplificateur qui prenait place à l'intérieur des enceintes. Il était équipé de circuits de correction (réponse niveau-fréquence, facteur d'amortissement) enfichables et adaptées à différents modèles d'enceintes. Cette idée a été reprise de nombreuses fois dans divers pays et aussi bien par de petites sociétés que par de grandes firmes. Le « Graphic Controller » a été conçu à l'origine

pour former avec les Energizer et avec les enceintes une chaîne complète.

Tous ces différents montages électroniques transistorisés se sont fait très vite remarquer dans la presse spécialisée, dans le journal américain de l'AES de juillet 1967 (Ultra-Low distortion amplifier) et avait pour auteur Bart N. Locanthi. Bien que spécialiste de l'ordinateur, il fait partie des grands maîtres qui ont fait la haute fidélité. Il exerça plusieurs années durant la fonction de vice-président dans le département technique J.B.L. Aujourd'hui encore, il continue

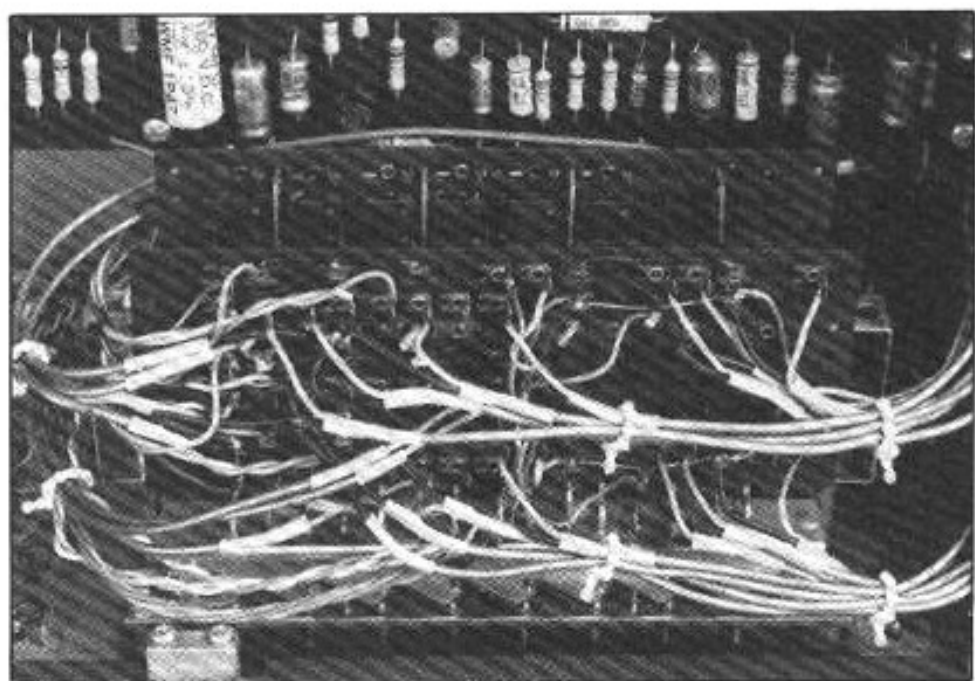
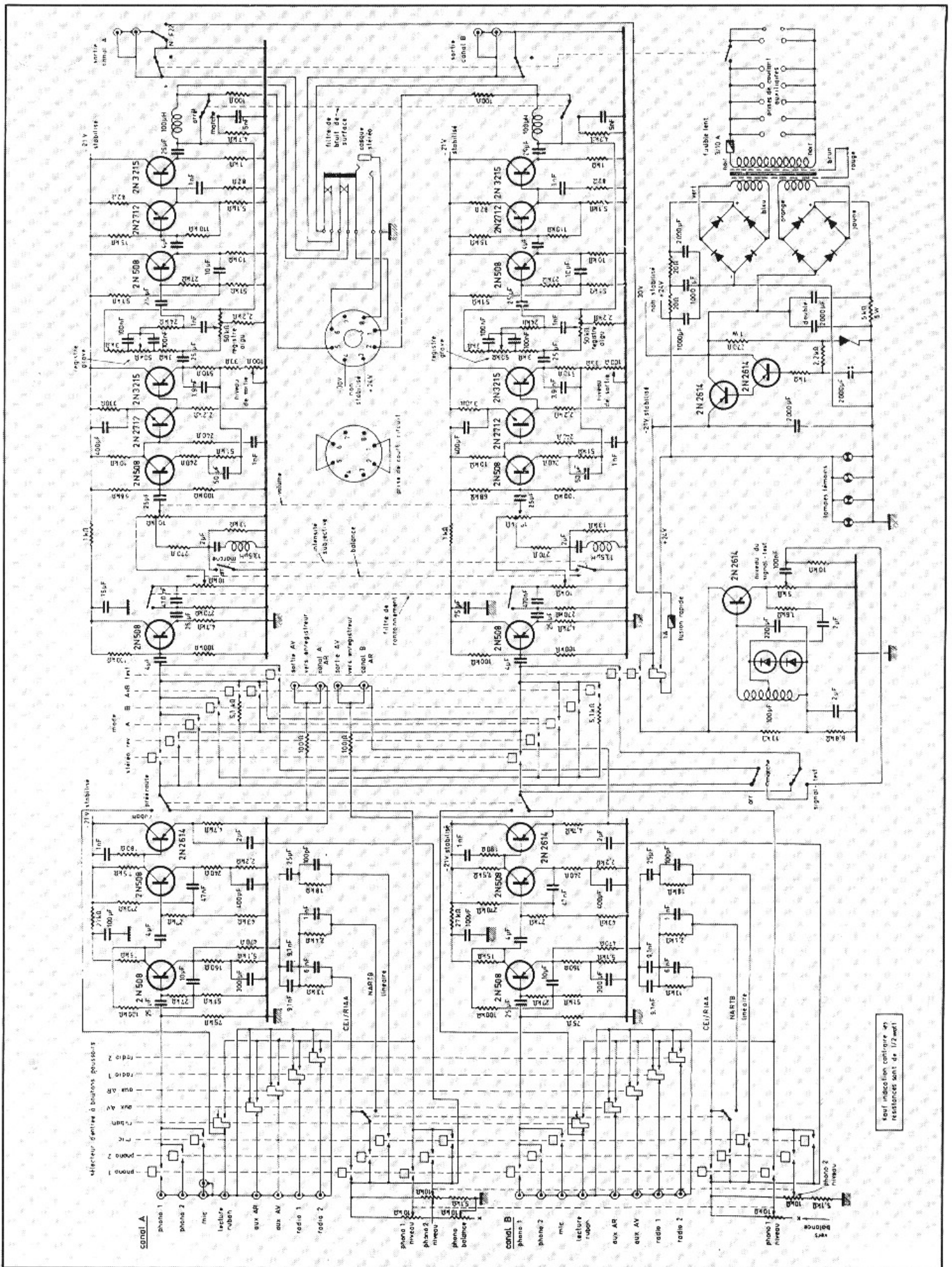


Fig. 6 : Câblage du double clavier à touches.



d'exercer ses talents dans l'audio, en tant que président, puis de gouverneur de l'American Audio Society (AES). Bart N. Locanthi est à l'origine de plusieurs amplificateurs (intégrés SA 660 entre autres) dont la curieuse conception en « T » conduisait à des performances de mesure très poussées.

Le circuit du Graphic Controller SG-520 comporte dix transistors par canal auxquels il faut ajouter deux transistors et une diode Zener pour l'alimentation régulée négative de -21 V et un autre transistor servant d'oscillateur-test. Ceci porte à 23 le nombre de transistors.

L'étage phono comporte trois transistors par canal avec, en tête, le 2N 508, bipolaire PNP de General Electric suivi, en couplage RC, d'un second 2N 508 en liaison directe avec un 2N 2614 (PNP, RCA) monté en émetteur follower. L'ensemble, alimenté sous -21 V régulés est soumis à des contre-réactions sélectives à basse impédance entre les émetteurs du premier et du troisième étage : RIAA/CEI, NARTB pour bande magnétique et linéaire. Deux autres corrections locales sont effectuées sur le premier étage (100 k Ω) et sur le troisième (circuit RC 180 Ω / 1 000 pF en parallèle sur la charge de $7,5$ k Ω). Les deux entrées phono sont chargées par 75 k Ω et sont assorties, au niveau de la contre-réaction sélective d'un réglage de sensibilité en T, par potentiomètres, d'entrée et de balance. L'entrée micro, linéaire cette fois, est également reprise à partir de cette entrée. En sortie, sont insérés le sélecteur de monitoring (Pré-écoute), le sélecteur de mode et les entrées haut niveau. Vient ensuite un étage abaisseur d'impédance (2N 508), au gain unitaire suivi de deux filtres, l'un anti-rumble (condensateur de sortie de valeur réduite), l'autre étant une correction physiologique LRC (avec self de $13,5$ μ H) ainsi que les commandes de

balance (10 k Ω log) et de volume (10 k Ω log à prise). On trouve ensuite trois étages couplés en direct et soumis à une contre-réaction réglable (niveau de sortie). La sortie en émetteur follower à basse impédance attaque trois nouveaux étages en passant au travers d'un réseau de correction de tonalité de type Baxandall. En sortie, un filtre passe-bas (élimination du bruit de surface des disques) fait lui aussi appel à une self de 100 μ H. A noter que la coupure du secteur par l'interrupteur marche-arrêt coupe également les sorties (préampli et casque).

Un petit oscillateur 1 kHz (self à point milieu, deux diodes, quatre condensateurs, cinq résistances et un transistor PNP 2N 2614 RCA permet, en conjonction avec la fonction test, d'effectuer une vérification du bon fonctionnement des voies ainsi que l'équilibrage des canaux.

Le transformateur d'alimentation blindé comporte deux enroulements secondaires, l'un pour une alimentation stabilisée de -21 V de type ballast-Darlington avec condensateur de sortie de 2 000 μ F, l'autre servant à obtenir deux tensions continues de $+24$ V et $+30$ V

(oscillateur, lampes témoin). Tous ces composants sont regroupés sur un petit châssis situé à l'arrière de l'appareil (figure 7).

Rappelons que ce modèle a été créé il y a 25 ans, en 1965, et qu'il était donc très en avance sur son temps. Il figurait parmi les premiers préamplificateur transistorisés. Son prix, en France, était très élevé et environ six fois supérieur à celui des appareils concurrents, soit 4 150 francs contre 700 F environ pour la concurrence. La sensibilité d'entrée phono était de 1 mV (contre 5 mV en moyenne pour les préamplificateurs concurrents). Son niveau de sortie nominal était de 3 V. Ce modèle prestigieux a été fabriqué en petite série (sans doute un peu moins de 1 500 appareils), ce qui lui vaut d'être recherché de nos jours en tant que pièce de collection. Son faible taux de distortion ($0,15$ % entre 20 et 20 000 Hz pour 3 V en sortie) et d'excellentes performances d'écoute permirent de redonner confiance à tous ceux à qui on essayait de faire croire que les transistors ne permettaient pas de dépasser un certain seuil de qualité dans une application audio.

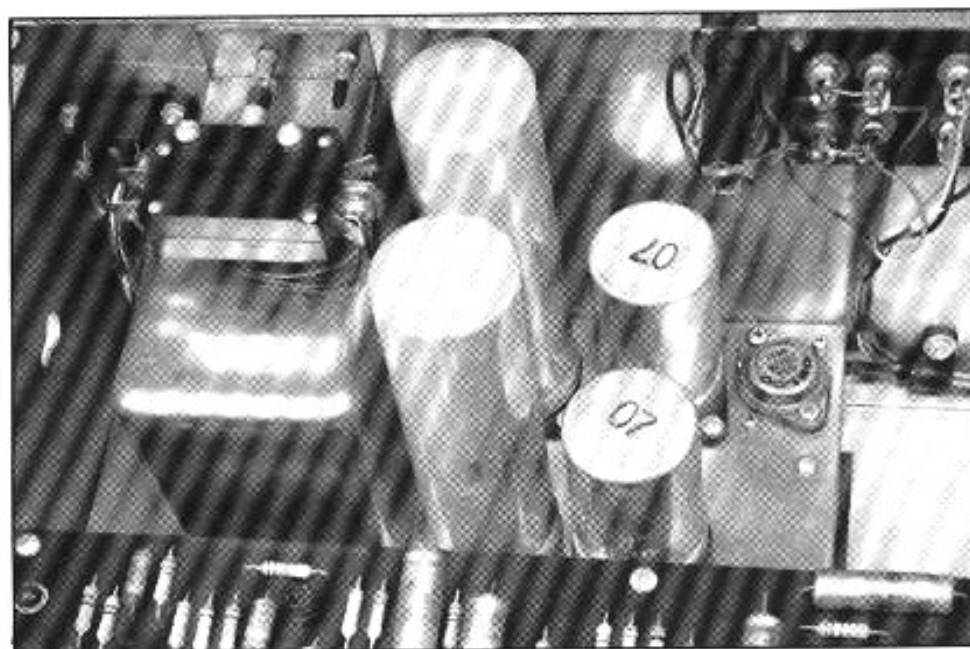


Fig. 7 : Transformateur d'alimentation blindé, alimentation stabilisée et condensateurs de filtrage de 1 000 à 2 000 μ F.

**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**

PRESSE ETRANGERE

Jean Hiraga

Performances des convertisseurs N/A à bas niveau.

Interprétation des résultats, par

M. Tetsuo Nagashima
Stereo Sound n°96,
automne 1990, Japon.

Dans le dernier numéro de la célèbre revue japonaise *Stereo Sound*, un article de près de 80 pages est consacré aux performances de mesure des différents types de convertisseurs numérique/analogique présents sur le marché. Le chapitre consacré aux mesures de Tetsuo Nagashima est suivi de commentaires émanant du groupe de rédaction de *Stereo Sound* ainsi que des célèbres critiques M. Sugano et Yanagisawa.

On a vu, on a peut-être essayé de faire croire, lors de la lancée du Compact Disc, que l'utilisation du codage binaire 0 et 1 allait conduire à des résultats très supérieurs à ceux obtenus en analogique d'une part et que, d'autre part, l'audio-numérique allait uniformiser les performances. On voulait dire par là qu'un lecteur de haut de gamme n'allait se différencier d'un bas de gamme que par l'esthétique, la finition, l'addition de gadgets. L'ajout d'une section analogique plus soignée ne pouvait, compte tenu du principe, qu'apporter une amélioration à peine audible. Inutile de parler de la suite, des améliorations fortement surestimées apportant à l'écoute une supériorité « colossale ». A partir de ces données d'ensemble, le bon sens pourrait nous faire dire que, pour favoriser la lancée du disque CD, les constructeurs ont mis en valeur ses

qualités tout en essayant de ne pas trop parler ni des défauts ni des limitations liés aux normes et au principe adoptés. On assiste aujourd'hui, plus principalement depuis la commercialisation d'un nombre assez important de convertisseurs N/A séparés de haut de gamme, à une tendance sous-estimant les performances des premières générations de lecteurs CD.

M. Tetsuo Nagashima aborde le chapitre des mesures de cet article en décrivant les différences existant entre l'audio-numérique et l'analogique. Sur le paramètre de taux de distorsion harmonique/niveau de sortie on remarque tout d'abord un trait de caractère commun aux deux procédés : le taux de distorsion harmonique est inversement proportionnel au niveau de sortie et atteint sa valeur minimale lorsque le signal de sortie est proche de l'écrêtage. Il faut remarquer à propos de cette caractéristique en analogique qu'elle s'applique plus principalement aux préamplificateurs. Les différences, elles aussi, sont marquées. En général, la caractéristique est plus inclinée pour le numérique que pour l'analogique (décroissance plus rapide de la distorsion au fur et à mesure que l'on s'approche du niveau de sortie maximal) et le système de protection (limiteur) évite la saturation (augmentation subite de la distorsion). Pour l'analogique, la courbe décroît moins vite. Elle est suivie d'une saturation rapide. Au fur et à mesure que le niveau de sortie décroît, un niveau de bruit de plus en plus prépondérant se superpose au signal. L'analyse de la distorsion et la visualisation de la forme du signal reproduit sur oscilloscope complète la description de ces caractères. Le tableau

de la figure 1 est particulièrement édifiant. Dans la colonne de gauche est représenté un signal sinusoïdal de 1 kHz ayant subi un traitement numérique (convertisseur N/A multibits) à des niveaux compris entre -20 dB (en haut, soit 1,02 V, trace centrale correspondant au résidu de distorsion) et -90 dB (en bas). A droite, signal sinusoïdal de 1 kHz n'ayant pas subi de traitement numérique obtenu à la sortie d'un préamplificateur, pour des niveaux de sortie compris entre -20 dB (en haut à droite, avec résidu de distorsion sur la seconde trace centrale) et -90 dB (en bas à droite).

Il se pose, lors de la mesure de la distorsion des signaux de faible amplitude, le problème connu de la sensibilité d'entrée des distorsiomètres. En-deçà de 100 mV, la mesure est soit impossible (niveau d'entrée insuffisant), soit faussée par le bruit et la distorsion propre des étages amplificateurs d'entrée du distorsiomètre. En effet, le niveau d'entrée de -40 dB serait dans le cas présent équivalent à 20 mV et la mesure d'un taux de distorsion de -60 dB correspondrait à une tension de 0,02 mV seulement. En-deçà d'un certain seuil (il dépend de l'appareil de mesure), la mesure et la visualisation du résidu de distorsion sont impossibles et ne sont donc pas représentées sur le tableau.

Dans la colonne de droite, on remarquera qu'en analogique le signal se déforme au fur et à mesure que le niveau de sortie diminue. Toutefois, il faut remarquer une chose importante : l'enveloppe du signal, dans lequel vient se mêler un niveau de bruit de plus en plus important, conserve une forme parfaitement sinusoïdale. Il convient toutefois de signaler que la

mesure de distorsion classique n'est pas une mesure de déformation de l'enveloppe du signal par rapport à celle du signal d'origine et qu'elle prend en compte le bruit résiduel.

Dans la colonne de gauche, le traitement numérique du signal produit, après le passage par un convertisseur N/A (version multibits), un résidu de distorsion composé d'harmoniques de rang élevé qui apparaît dès -20 dB. En-deçà de ce niveau, l'enveloppe du signal se dégrade très vite. Dès -50 à -60 dB apparaît une sorte d'écrêtage du signal qui tend à prendre une forme carrée très brouillée après le passage par une allure triangulaire écrêtée.

Près de vingt convertisseurs ont été testés. Les résultats de mesure confirment la remarque faite plus haut : on tend à surestimer les performances de certains types de convertisseurs face à d'autres de principe différent ou plus ancien. Les résultats comparés, impossibles à publier ici car trop flagrants montrent qu'aucun procédé ne surclasse vraiment l'autre, ceci même si sous certaines conditions de mesure (impulsions, signaux carrés) des procédés de conversion N/A se révèlent supérieurs à d'autres.

Pour nos mesures, Tetsuo Nagashima a utilisé un générateur numérique Kenwood DG 2431 (signal de sortie numérique 16 bits — 2 canaux —, échantillonnage 44,1 kHz, conçu spécialement pour évaluer les capacités des convertisseurs N/A). Le signal numérique issu du générateur est appliqué à l'entrée des convertisseurs mis à l'épreuve. Le signal de sortie analogique issu de ces derniers est appliqué à un distorsiomètre de type YHP 8903B (Hewlett Packard), lequel est suivi d'un oscilloscope à mémoire numérique Sony/Tektronix 2232. M. Nagashima précise à ce sujet que la méthode conventionnelle de calage visuel du signal s'effectue à partir du

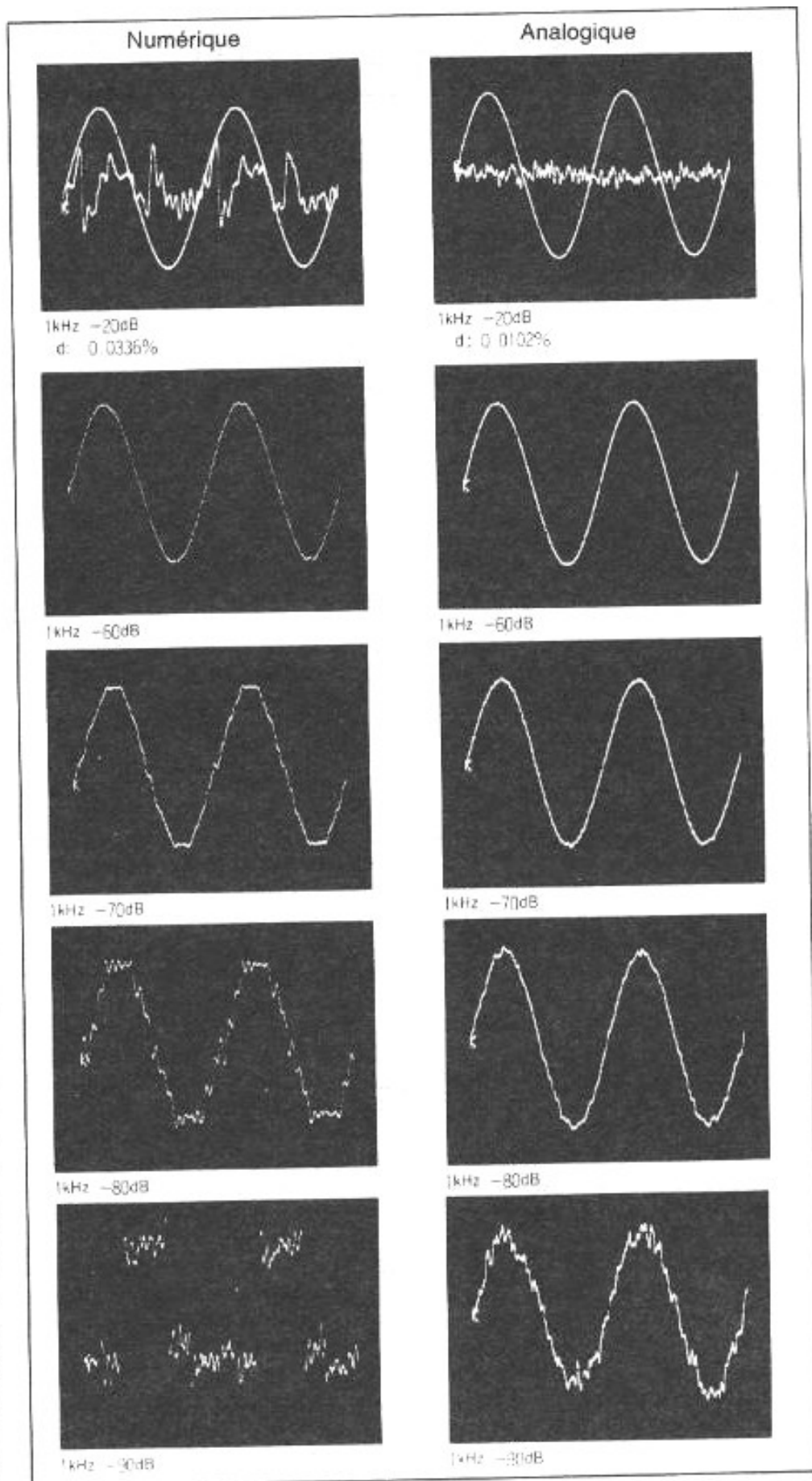


Fig. 1 : Dégradation de la pureté d'un signal de 1 kHz en fonction du niveau : audio-numérique, norme CD dans la colonne de gauche et analogique (étage ligne d'un préamplificateur) dans la colonne de droite. Les niveaux varient entre -20 dB (en haut) et -90 dB (en bas).

circuit de synchronisation. A bas niveau, les phénomènes gênants de « jitter » viennent s'ajouter à celui de la visualisation sur le tube cathodique par superpositions successives des traces synchronisées à partir de leur point de départ. Ceci produit, sur un oscilloscope conventionnel une trace floue et fait apparaître seulement une enveloppe, résultante de nombreux signaux avec ses motifs répétitifs, comme le montre la figure 2 (1 kHz, -90 dB, convertisseur N/A 1 bit). L'oscilloscope à mémoire numérique, beaucoup plus performant, rend possible la visualisation d'une seule trace qui, dans le cas du convertisseur N/A 1 bit, est composée de bruit, ce qu'illustre la figure 3. Il est, d'autre part, fait la remarque que la mesure conventionnelle des convertisseurs N/A s'effectue avec insertion préalable d'un filtre passe-haut à front très raide. Sur la figure 4, on trouvera ainsi en A l'allure d'un signal de 1 kHz à un niveau de -20 dB obtenu en direct en B après filtrage passe-bas préalable. Ce genre de précaution ainsi que l'habitude d'indiquer le taux de distorsion harmonique à 0 dB permet aux constructeurs d'inscrire sur les catalogues des valeurs très basses, soit 0,0025 % par exemple, sans qu'il soit pour autant nécessaire de falsifier les chiffres.

La figure 5, elle, regroupe les résultats de mesure obtenus à 1 kHz, entre -20 dB et -80 dB à la sortie de trois types de convertisseurs N/A, soit

- convertisseurs multibits (colonne de gauche),
- convertisseurs 1 bit (colonne centrale),
- convertisseurs DSP (colonne de droite).

Comme on pourra le constater, aucun des trois types de convertisseurs n'apporte de résultats sensiblement supérieurs à ceux des autres, du moins pour ce type de mesure.

Dans les trois cas, le résidu de

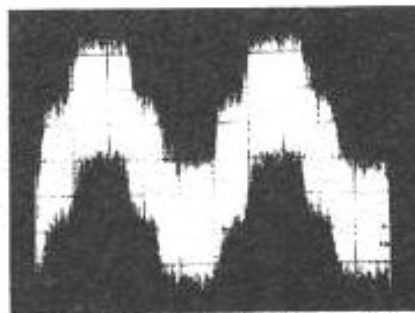


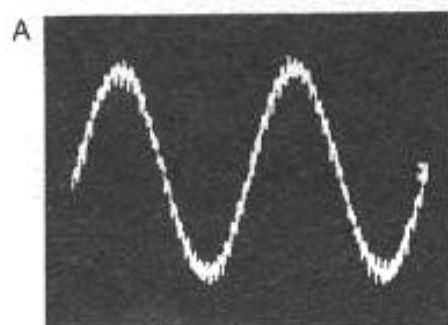
Fig. 2 : Signal de 1 kHz, -90 dB synchronisé sur un oscilloscope courant.



Fig. 3 : Même signal que sur la figure 2 mais avec mise en mémoire numérique d'une seule trace.

distorsion contient des harmoniques de rang élevé. Les versions DSP (processeur de signal) ne sont pas, contrairement aux superpositions, très supérieures aux versions multibits (suréchantillonnage). Les versions 1 bit (ou surnommés 1 bit) sont les seules qui permettent de préserver la forme du signal (pas de tendance pour une forme triangulaire ni d'écroulement des sommets) mais présentent par contre le désavantage d'offrir un signal aux contours beaucoup moins nets que ceux des deux autres versions dès que le niveau devient inférieur à -50 dB environ.

M. Nagashima précise d'autre part que si le procédé est une chose, l'application pratique en



est une autre. Dès que des niveaux inférieurs à -60 dB sont concernés, les effets du « jitter », des courants de masse qui circulent parfois dans des pistes de moins d'un millimètre de large, les effets « mémoire » de certains types de condensateurs, les parasites issus des alimentations stabilisées, du réseau secteur suffisent pour modifier sensiblement les résultats de mesure.

Cela revient à considérer plus sérieusement certaines « bidouilles » d'audiophiles qui « s'amuse » à alimenter certaines parties des circuits par batteries, avec des masses flottantes, à réétudier les lignes de masse, en renforçant celles-ci de barres de cuivre, ou en remplaçant des condensateurs de référence sur des convertisseurs N/A par des modèles de haute qualité (un article, publié dans la revue *Radio Gijitsu* en novembre 89 — figure 6 — montrait combien les résultats d'écoute et de mesure pouvaient changer lorsque les 14 condensateurs de référence du convertisseur TDA 1541 A étaient remplacés par des modèles de qualité).

Dans l'ensemble, un bon recoupement est à constater entre les résultats de mesure et les tests d'écoute. A l'aide du disque test « Silence Technology » (Technics, HAN-CD 101-U, réservé aux professionnels), un passage de piano sur les plages 18, 19 et 20 sous des niveaux respectifs de -42 dB, -48 dB et -60,8 dB, démontre de façon flagrante la supériorité du con-

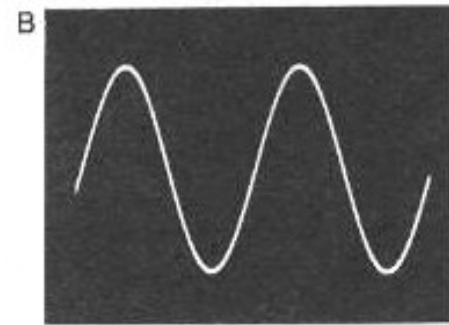


Fig. 4 : Efficacité d'un filtre passe-haut à front raide (30 kHz) recommandé pour les mesures sur les lecteurs CD. En A, signal de 1 kHz, -20 dB sans filtrage. En B, après insertion du filtre passe-bas.

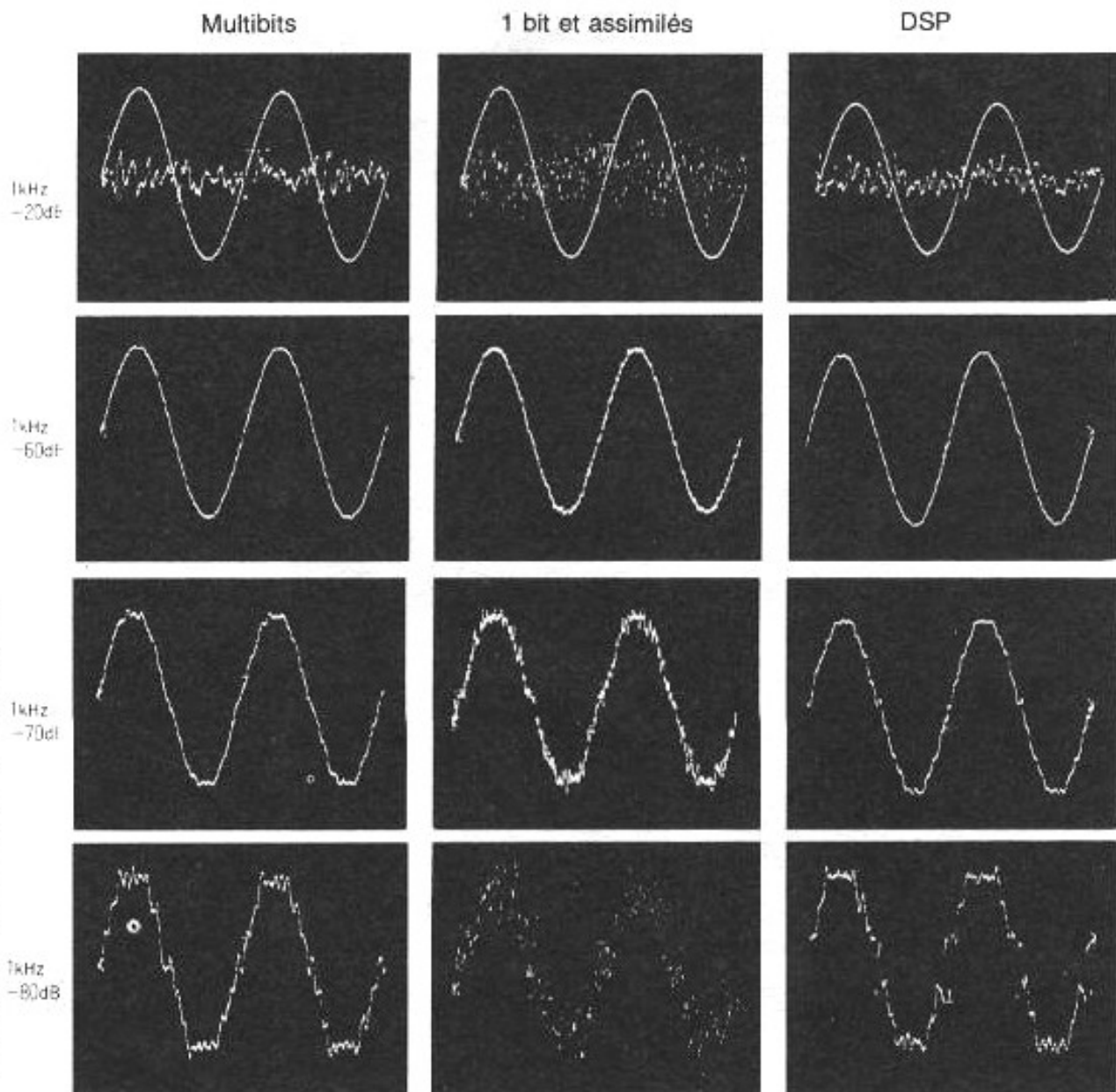


Fig. 5 : Forme d'un signal sinusoïdal de 1 kHz obtenu pour des niveaux d'enregistrement compris entre -20 dB et -80 dB sur trois types de convertisseurs : multibits, à suréchantillonnage, 1 bit et assimilés, DSP (Stereo Sound n° 96).

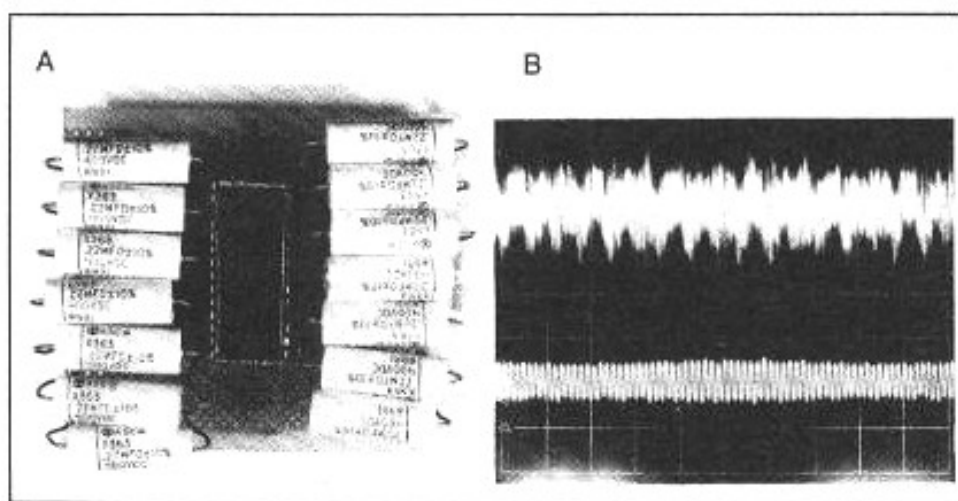


Fig. 6 : Modification « audiophile » effectuée au niveau d'un convertisseur N/A Philips TDA 1541 A. Les 14 condensateurs de référence ont été remplacés par des modèles de qualité (photo A), incompatibles avec une production commerciale en grande série. En B, la trace supérieure montre le niveau de bruit obtenu avant modification. La trace inférieure montre l'amélioration obtenue après modification (Radio Gijitsu, novembre 1989, pp. 109 à 111).

vertisseur MASH. Par contre, la pureté de forme des signaux d'amplitude comprise entre -20 dB et environ -60 dB des convertisseurs multibits ou DSP, se retrouve à l'écoute de façon tout aussi flagrante en prenant pour base des enregistrements de grande qualité.

Avec la traduction volontairement tronquée de cet article, on confirme une fois de plus que l'on aime parfois reprocher aux revues de formuler des critiques « un peu trop gentilles ». Personne, a priori, ne semble s'opposer à la publication d'une critique sévère, mais juste d'un produit... mais sous une seule condition : qu'elle s'adresse aux autres.