

N° 15 NOUVELLE SÉRIE 14<sup>e</sup> ANNÉE

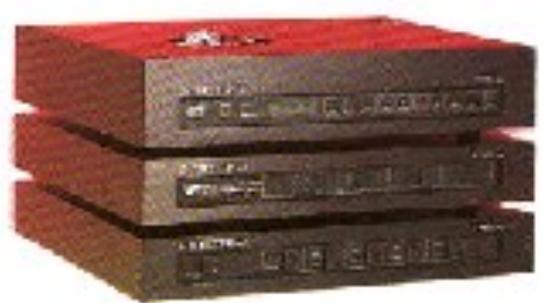
# L'AUDIOPHILE

HAUTE FIDÉLITÉ PLUS!



## LES MUSES D'OR

au lecteur CD,  
convertisseur  
+ alimentation  
**MICROMEGA TRIO**



## PANORAMA

12 à moins  
de 10000 F  
12 à moins  
de 30000 F  
8 à plus  
de 30000 F



**32**  
**ENCEINTES**  
**ACOUSTIQUES**

- **QUOI DE NEUF ?**  
**LES NOUVEAUTES 91**
- *Nelles* **TECHNOLOGIES**  
**LA HIFI COMMUNICANTE**  
**EST NEE**
- **THEORIE**  
**OFFSET ET DISTORSIONS**
- **REALISATION**  
**BLOCS MONO A TUBES**

## CLASSIQUE

la messe  
polyphonique  
2<sup>e</sup> partie - XVI<sup>e</sup> siècle

**JAZZ**  
piano, pianos

M 2589 - 15 - 55,00 F-RD



**Page non  
disponible**

Quoi de neuf?

## LES NOUVEAUTES 91

Jean Hiraga



*Le Salon de la Haute-Fidélité, Hi-Fi'91, qui s'est tenu à Paris du 16 au 19 mars derniers, a accueilli près de 40 000 visiteurs. L'ensemble des professionnels y était présent et les dissidents répartis dans les hôtels environnants plus rares. Ce serait, selon certains, le premier salon hi-fi qui aurait obtenu autant de succès depuis onze ans.*

*Cette fois encore et compte tenu du nombre très important de marques exposées (plus de trois cents, selon les organisateurs), il ne sera question que des nouveautés les plus marquantes.*

### Le marché audio

En France, le marché audio se porte bien, du moins dans la plupart des secteurs qui le composent. C'est un marché en pleine mutation, ce, pour les raisons que l'on connaît : apparition du disque CD, disparition progressive du disque noir, remplacement de certains maillons par d'autres. Aux débuts de la haute-fidélité, les maillons grand public en constituaient la part la plus importante. Le marché ne cessa de se transformer par la suite. De nos jours, il n'est pas constitué, contrairement à ce que l'on pourrait croire, d'un bas, d'un milieu et d'un haut de gamme. En effet, près des deux tiers du marché mondial sont constitués des appareils portables et des baladeurs. Le dixième est attribué aux mini-chaînes

combinées et les « vrais » maillons hi-fi ne représentent guère plus du vingtième du total du marché. A sein de ce créneau qui nous intéresse plus particulièrement, le vrai haut de gamme ne représente qu'une très petite part, de l'ordre de 2,5 %. Les produits et les marques concernés par le haut de gamme s'étant multipliés ces dernières années, on comprend aisément qu'une société prise individuellement puisse ressentir une impression de régression de ce secteur de marché. Les amplificateurs à tubes, par exemple, seraient trois fois plus nombreux actuellement qu'en 1972. Les haut-parleurs électrostatiques, que l'on ne connaissait autrefois guère que sous les marques Quad, Acoustat ou Stax, ne se comptent plus ou presque avec pour derniers-nés les panneaux français Toltèque.

Autrefois, la distribution des disques microsillons, des cassettes audio était en majeure partie assurée par les disquaires. Selon eux, les « affaires n'iraient pas très fort ». Pourtant, les ventes n'ont cessé de progresser, avec des augmentations de + 35 % en 1988 et près de + 30 % en 1989. L'explication se trouve au niveau des circuits de distribution : les disquaires perdent d'année en année des ventes qui, en 1989 ne réalisaient plus que 6 % du chiffre d'affaires, le plus gros, soit 77 % (même année) étant assuré par les hyper et supermarchés. Cependant, le contenu a changé. Constitué autrefois de disques 33 et 45 tours, de cassettes audio, il a été noté comme on le sait une chute vertigineuse des ventes du support vinyl. Cette dernière atteignant - 54 % en 1990. Ainsi, les ventes actuelles sont



*Enceinte 3 voies Sendor (G.-B.) version S 100. Cette enceinte, l'une des plus belles réussites rencontrées dans cet ordre de taille, est vendue en France aux environs de 22 000 F la paire (importateur : JLB Monitor).*



*Enceintes colonne JBL, séries HP : HP 420 (2 voies), HP 520 et HP 580 (3 voies).*

réparties entre le Compact-Disc qui prend 48 % des parts du marché (contre près de 40 % l'année précédente), les cassettes audio (33 %) et les disques vinyl 33 et 45 tours (19 %). Quant aux ventes du support DAT, le Syndicat National des Editions Phonographiques (SNEP) les considère comme nulles ou presque. Selon le SIMAVELEC, le taux d'équipement des ménages fin 1990 serait estimé à 0,4 % seulement pour les lecteurs CDV, 71 % pour les baladeurs (ce qui est énorme), 24 % pour les lecteurs CD (dont la progression est constante), 39 % pour les platines-cassettes et 34 % pour les chaînes hi-fi. Selon d'autres sources, le prix moyen du disque CD se situerait aux alentours de 90 F (contre 160 F environ en 1982).

Que l'on ne s'étonne pas du nombre réduit de disquaires spécialisés en musique classique : les supermarchés ont pris le relais et les ventes en musique classique

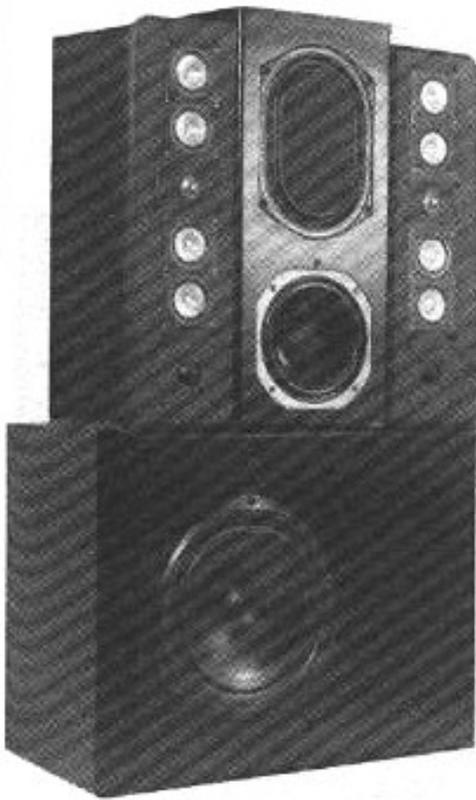
ne représentent plus que 2,8 % du total des ventes, le reste étant constitué de rock-pop, de jazz et de variétés.

En 1990, il a été produit dans le monde près de 780 millions de disques CD et encore 260 millions de disques vinyl, ces deux supports réunis ne représentent malgré tout que 28 % du marché mondial, le reste, soit 72 % étant la cassette vierge et pré-enregistrée. C'est sans doute à partir de ces constatations que le groupe Philips estime comme très prometteur l'avenir de son nouveau format DCC, principal rival du support DAT.

### **Quelques nouveautés**

Les chiffres énoncés plus haut de même que la visite du dernier salon de la haute-fidélité permettent de constater que les nouveautés, les démonstrations relatives aux tables de lecture analogiques, aux cellules phonoélectriques ou de bras de lecture étaient rares, sans être pour autant

inexistantes. Les tables de lecture telles que Réga, Well Tempered, Dual, Thorens, Linn, Pink Triangle, Transrotor, Revolver, Pro-ject, Roksan, SME, VPI, Audiomeca, Goldmund, Oracle, Gyrodec, Kuzma Stabi, Denon, Onkyo, Kenwood, Technics (et d'autres encore) sont toujours d'actualité. Du côté des phonolecteurs, les nouveautés se font rares. Au Japon, la célèbre cellule à bobine mobile Denon DL 103, toujours fabriquée depuis 1967 a été suivie fin 1989 de la version améliorée DL 103 SL (bobine en cuivre 6N de haute pureté) et se complète désormais de la DL 103 GL (prix au Japon : 50 000 yens, soit 1 800 F). Ces deux modèles ne semblent malheureusement pas être encore importés en France. Audiotechnica, grand spécialiste du phonolecteur (il propose aussi, pour se diversifier, des casques comme le ATH-CL5, des câbles de liaison du genre AT 6A32 ou des machines de nettoyage par ultra-sons



*Diamond Acoustics (G.-B.) système Reference One Monitor (importateur Magavox France).*

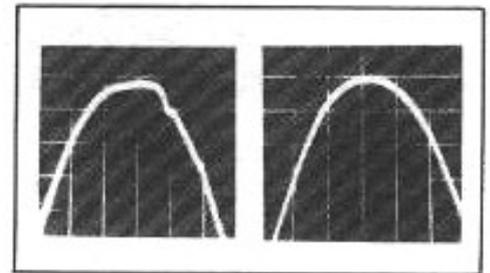
bre firme Goldring a introduit sur le marché une gamme de cellules à bobines mobiles très performantes. En France, les modèles disponibles auprès de l'importateur, l'Atelier Audio, sont les Eroica H, Eroica L (1 300 à 1 400 F) et les haut de gamme Elite et Excel (prix respectifs 2 650 F et 6 500 F). La version Excel est fournie avec sa courbe de réponse individuelle (elle s'étend jusqu'à 42 kHz !). Son niveau de sortie est de 0,5 mV et sa force d'appui recommandée comprise entre 1,5 et 2 g. C'est l'une des rares du genre qui, sous une force d'appui raisonnable, assure une assise du grave remarquable et des registres parfaitement liés, même sur les fortissimi.

Il y a toujours, dans chaque salon haute-fidélité, des maillons qui attirent les foules par leur originalité, ou que l'on attendait avec impatience à la suite

à un « bricolage de génie », la Reference One Monitor est en fait l'aboutissement d'un laborieux travail de mise au point. Il s'agit sans aucun doute de l'une des enceintes les plus neutres, les plus analytiques, les plus homogènes rencontrées jusqu'à présent. Les trente haut-parleurs (en stéréo) fusionnent à la perfection pour créer dans l'espace des sons d'un réalisme saisissant. Atteindre un tel niveau de perfection coûte en général très cher. La paire de Reference One Monitor aurait pu être proposée à 250 000 F. Or, l'importateur, la société Magavox France, la propose à un prix très inférieur, de l'ordre de 100 000 F. Signalons au passage que Magavox France importe un accessoire très étonnant (qui était utilisé en démonstration dynamique dans le stand Lectron/Audio Marketing Services), le générateur-onduleur Anex 150 W. Cet appareil



*Générateur-onduleur audio Anex (G.-B.) 150 W. Son efficacité est absolument étonnante.*



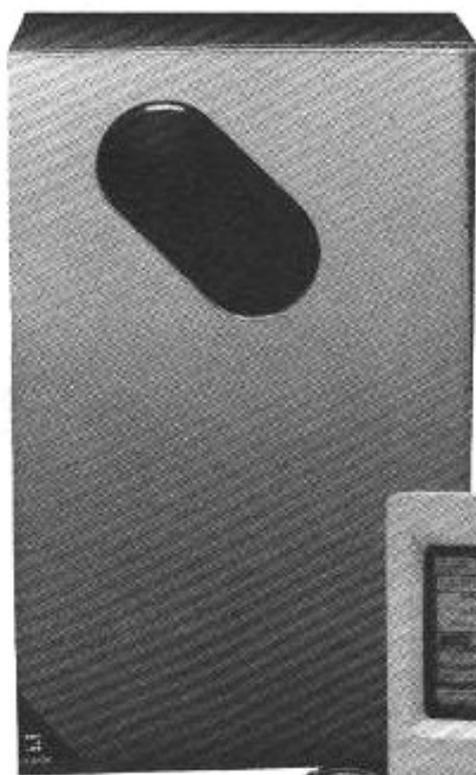
*A gauche : forme de la sinusoïde, très distordue, issue du secteur 220 V/50 Hz. A droite : forme du signal 220 V/50 Hz stabilisé par quartz obtenu à la sortie du générateur-onduleur Anex.*

des disques CD) vient de lancer au Japon un modèle concurrent de l'Ortofon SPU Gold (dont la fabrication vient d'être stoppée), l'AT-DS7. Son prix au Japon n'est que de 8 000 yens (soit 300 F). Le niveau de sortie est très élevé, soit 9 mV et c'est l'une des rares cellules du marché actuel dont la force d'appui est de 3,5 g, l'excellente lisibilité évitant l'usure du sillon.

En Grande-Bretagne, la célè-

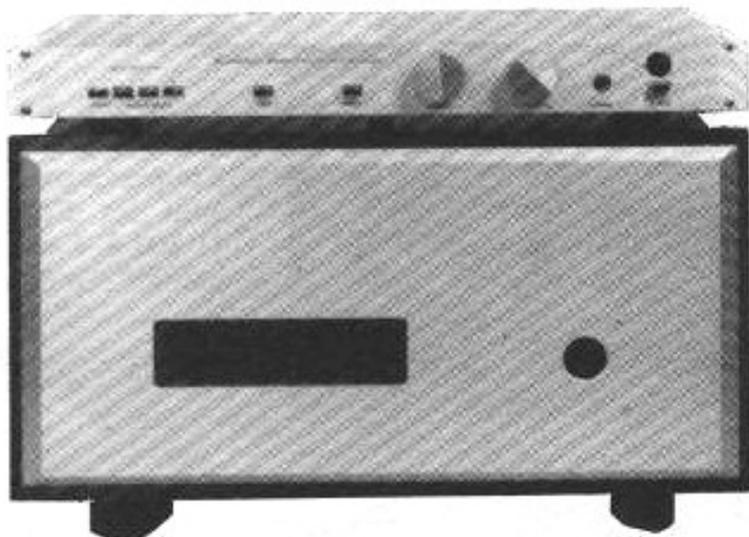
d'échos parus dans la presse. Les grands systèmes d'enceintes n'étaient représentés que très partiellement. Parmi les moins connus figure la Diamond Acoustics « Reference One Monitor ». Chaque enceinte utilise quinze haut-parleurs d'origine connue (voies grave et sous-grave Kef) ou moins connue (Bandor, à membrane métallique dorée). Sous un aspect assez insolite qui pourrait faire penser

« fabrique » à partir du réseau secteur un signal de 220 V 50 Hz de très haute pureté, stabilisé par quartz et parfaitement filtré, avec une puissance disponible limitée à 150 VA, de quoi alimenter la plupart des sources telles que les lecteurs CD, la table de lecture analogique, le tuner et le magnétocassette. Cet accessoire apporte à l'écoute des améliorations spectaculaires sur les critères de définition, de délié, de



*Ensemble  
FM Acoustics  
série Résolution.*

*Compact Driver,  
avec chargeur  
de 400 disques.*



sensation d'espace et de dynamique. Le plus étonnant est que cette remarque s'applique également aux lecteurs CD de haut de gamme.

Revenons aux enceintes pour parler de modèles de prestige. La célèbre JBL K2, dont on a tant parlé dans la presse japonaise spécialisée était (enfin) présente au dernier salon de la haute-fidélité. C'est un système modulaire en forme de colonne composé d'une embase très lourde (40 kg), de deux caissons grave (modules 4500 M et 2500 M) équipés de nouveaux haut-parleurs 38 cm, les 1400 Nd et d'un module central de médium-aigu à pavillon (en acrylique dépoli massif) et chambre de compression 4 pouces 475 Nd (aimant néodymium). L'ensemble, très performant, aurait mérité une démonstration dans de meilleures conditions d'écoute

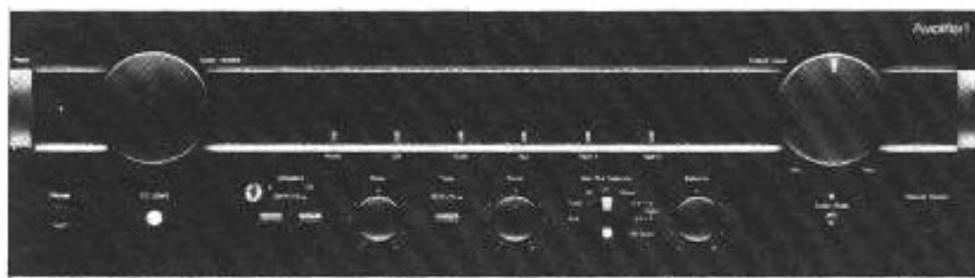
et fait partie des quatre ou cinq systèmes les plus imposants du monde. La photo des K2 a déjà été publiée dans le numéro précédent. De nombreux ingénieurs acousticiens ont participé à la création du projet K2 JBL : Greg Timbers (créateur des séries XPL), Fancher Murray (concepteur des chambres de compression 2450J, 2445 et 475 Nd), Douglas Button (concepteur des haut-parleurs graves 1400 Nd), Dan Ashcraft (concepteur de plusieurs modèles de monitoring et de l'Everest DD 5500), Brian S. Lusty (chef du département des recherches J.B.L.), de quoi rassurer Bruce Scrogin, le président actuel de la célèbre firme.

Toujours chez J.B.L., sortie d'une gamme d'enceintes colonne, les séries HP : HP 420, HP 520 et HP 580, les deux dernières étant des versions trois voies. La section de ces enceintes

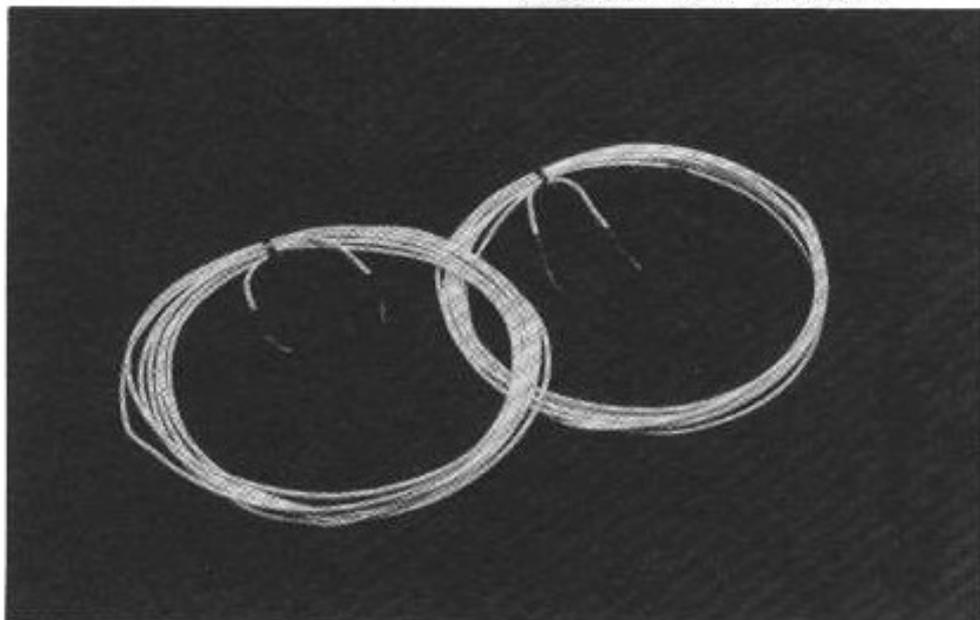
de forme heptagonale évite la formation d'ondes stationnaires. Dans l'aigu, ces versions font appel au fameux tweeter à dôme titane. J.B.L. y ajoute des filtres de haute qualité.

Parmi les autres systèmes, il faut retenir au passage deux enceintes aux dimensions modestes mais très étonnantes. La première est la Spendor S 100. Cette enceinte, dérivée de la célèbre BC 3 de monitoring, est une version trois voies (tri-câblage possible). Sous une esthétique sobre, cette enceinte est à classer dans sa catégorie de prix et de taille dans le peloton de tête des meilleures enceintes actuelles. C'est, de plus, l'une des rares à ne pas présenter de phénomène de compression de dynamique marquée malgré une efficacité relativement faible, soit 87 dB/m/W.

Sony, qui est devenu en quelques années, un grand spécialiste du casque de qualité, a appliqué sa bio-technologie (casque de très haut de gamme MDR-R10) sur des membranes de tweeter sur la gamme Voce. La fabuleuse SS-A5 « La Voce » est désormais suivie d'un modèle de taille plus réduite, la « Mezzo Voce » SS-A3. Cette dernière a été l'un des clous du salon. Son « style d'écoute » s'aligne sur celui des meilleures enceintes de monitoring anglaises, mais au prix de 5 000 F seulement la paire et avec, en prime, les qualités irremplaçables du nouveau twee-



*Nouvelle gamme d'amplificateurs et intégrés Nakamichi Amplifier 1.*



*Câbles pour enceintes Final (Japon). Cette marque, encore non importée en France, conçoit également des électroniques, des tables de lecture et des cellules phono MC aux performances très poussées.*

ter à membrane en bio-cellulose. Il ne fait aucun doute que cette enceinte, dont la commercialisation est prévue pour mai 91 risque de se vendre par milliers. Précisons à ce sujet que les grandes firmes japonaises commettent souvent la grosse erreur de changer trop souvent de modèles, un changement de gamme tous les huit mois étant chose courante. La Mezzo Voce SS3-5A, elle, mériterait, au même titre que le best-seller anglais LS 3/5A (encore d'actualité après dix-sept ans d'existence !) de défier les modes et le temps pour devenir l'un des grands best-sellers Sony. Signalons au passage que Sony propose sur le marché japonais uniquement un plus gros modèle, la SS-A7 dont la vente sur le marché européen ne semble pas encore décidée.

Parmi les autres belles réalisations, il ne faut pas oublier de

mentionner les Duntech Sovereign 2001 et Black Knight, l'Allison 20, le Focal Utopia (la première utilisant un système actif contre les vibrations parasites issues des haut-parleurs), les Apogée Contour et Stage, la B&W Matrix 800, la Davis Kristel, la Magnepan MG 3.3 R, la Onkyo Scepter 2002 (cf. Nouvelle Revue du Son n° 146), la gamme Studio de JM Reynaud, l'Espace Orale Prestige (équipée d'un nouveau haut-parleur grave plan à quatre bobines mobiles), les Dynaudio Contour, les séries Reference chez Infinity, l'Audio-linear Oratorio, les Vision Acoustique Exelle et Evasion, la Celestion 700, la Confluence Pastorale, la gamme belge Equation 05, 1B, 2B et 3, les Diagram de F.V.S., les Audio Reference DCM-3 et DC 126, l'Allison IC-5, ceci pour n'en citer qu'une partie.

Du côté des accessoires, Cabasse lance son « Compensateur actif » dont le but est la correction des déficiences du grave dans les locaux domestiques.

Parmi les innovations figurait d'autre part les panneaux électrostatiques français AHL, un jeune constructeur dont on a déjà beaucoup entendu parler à propos des transducteurs large bande à plasma. Citons à ce propos des recherches effectuées en France par le mathématicien Alain Deraedt et son collaborateur M. Frelon sur un autre type de transducteur à plasma large bande. Le dernier prototype permet d'obtenir un niveau acoustique élevé (problème souvent lié à ce type de transducteur), sans baffle et sans aucune atténuation aux fréquences graves ou aiguës.

Ce système a déjà fait l'objet d'une conférence au dernier AES de février à Paris. Il reste toutefois à résoudre différents problèmes relatifs à l'alimentation stabilisée haute tension. L'attaque s'effectue par l'intermédiaire d'un tube tétrode de petite puissance.

Au dernier Salon de la Hi-Fi, les magnétocassettes audionumériques DAT étaient présents au nombre d'une douzaine environ. Ne revenons pas sur ce sujet qui fait toujours couler beaucoup d'encre. Citons seulement au passage les firmes concernées qui sont Teac, Kenwood, Aiwa, Sony, Pioneer, Denon, JVC, Casio, Sanyo, Technics, Nakamichi, Marantz et Onkyo.

Très nombreux sur le marché, les lecteurs CD semblent avoir dépassé, du moins pour le moment, la mode du suréchantillonnage 18, 20 ou 45 bits. Comme on le sait, les nouvelles modes, dont les principaux avantages associent simplicité et baisse du coût de revient, sont les procédés 1 bit, Bitstream, Mash et dérivés. Lors de la parution de chaque nouvelle génération de lecteurs CD, les constructeurs ont déclaré « preuves à l'appui »



*Amplificateur de puissance Mac Intosh MC 7150, de puissance 2 x 150 W.*

avoir réussi à obtenir des résultats très supérieurs à ceux des générations précédentes. On peut aujourd'hui en tirer certaines conclusions : tout d'abord que l'audionumérique a conduit, comme on le prévoyait, à des performances beaucoup plus uniformes que celles du disque microsillon et de l'analogique. Ensuite que, si les différences, aux mesures comme à l'écoute, entre les procédés existent, elles se situent en-deçà d'un certain seuil, de l'ordre de -55 dB. Or, sur un système d'écoute domestique, des niveaux sonores compris entre -50 et -90 dB sont très difficiles à percevoir pour les raisons suivantes :

- bruit de fond de la pièce d'écoute (40 dB env.) ;
- sensibilité limitée de l'étage ligne (35 dB env.) du préamplificateur ;
- limitations des capacités dynamiques du système d'écoute : seuil supérieur 100 dB env. à 3 m
- bruit de fond de la pièce d'écoute 40 dB env. = 60 dB en moyenne.

A ces limitations évidentes doit s'en ajouter une autre, celle des disques CD enregistrés en AAD et issus de l'analogique, à partir desquels on ne peut espérer plus de 60 dB de dynamique.

Il n'est donc pas étonnant de constater qu'à l'écoute, les écarts réels existant entre les différentes générations s'en trouvent minimisés.

tion de lecteurs CD. Ainsi le célèbre Studer A 730, bien que très performant à l'écoute comme aux mesures, ne fait pas appel pour autant aux dernières générations de convertisseurs. Inversement, il nous a déjà été donné l'occasion de tester des lecteurs CD appartenant à la génération Bitstream tout en restant peu performants en-deçà de -70 dB. D'autres lecteurs CD « Bitstream », bien que de bas de gamme, se sont avérés ultra-



*Câble de liaison Intermzzo (USA). Rigide, peu pratique d'utilisation, c'est par contre le seul dont les connecteurs ne sont pas rapportés, le câble blindé se terminant en prise Cinch sans soudure intermédiaire. Il est baptisé « Direct Connect » (importé par Magavox France).*

Autre remarque très importante : en-deçà de niveaux de l'ordre de -60 dB, l'implantation, le câblage des lignes de masse, les performances des alimentations stabilisées (bruit résiduel, etc.) jouent un rôle considérable, de même que la section mécanique (et son asservissement) du lecteur CD. On connaît le résultat : grâce à des disques tels que le Technics 3A (AD-D3A001-002), l'un des très rares à rendre possible des mesures jusqu'à -95 dB, on peut s'apercevoir que, pour les raisons qui viennent d'être citées, des dispersions parfois importantes des performances à bas niveau se constatent dans chaque généra-

performants sur ce même critère. Conclusion : pour en avoir « l'oreille nette », rien ne vaut un essai sur programme musical enregistré à très bas niveau (disque test Verany ou Technics Silence Technology). A noter, chose importante, que le bruit résiduel notable, moyen ou faible, peut ou peut ne pas dégrader la qualité du signal audio, ce dernier pouvant fort bien donner l'impression de rester propre, non distordu quoique superposé à un bruit de fond important.

Beaucoup de nouveaux lecteurs CD ont été mis sur le marché en 1991. Précisons que certaines nouveautés japonaises ne sont pas toujours exportées

immédiatement vers l'Europe et que les références export sont parfois différentes. Au Japon, Marantz a annoncé notamment la sortie en mars 91 du lecteur CD 99 SE qui regroupe dans un seul appareil une mécanique sophistiquée et les nouveaux convertisseurs TDA 1541 A.

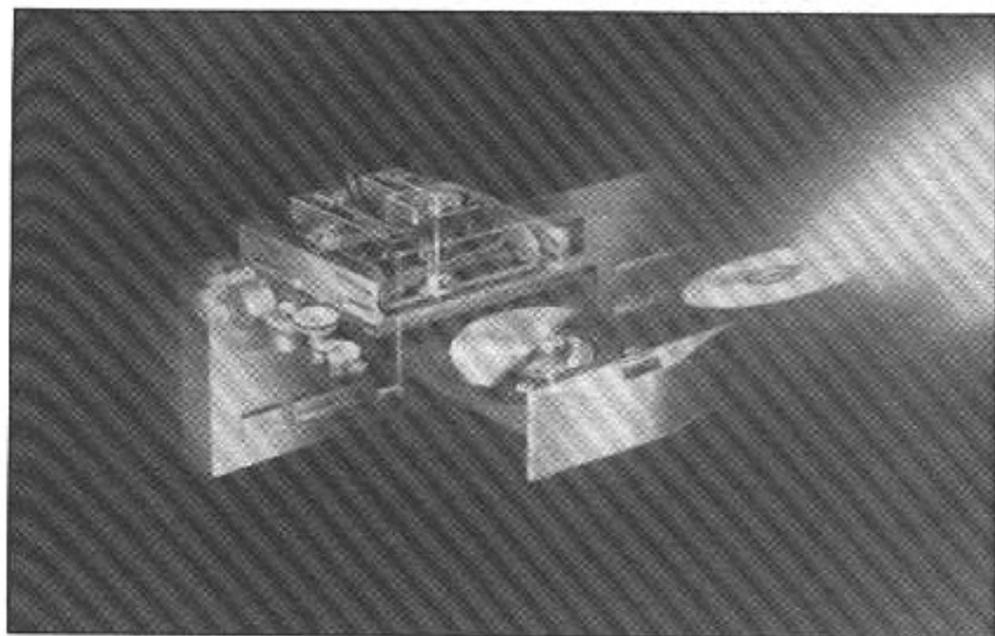
Après avoir lancé le procédé Mash, Matsushita Electric reconsidère les systèmes d'asservissement de la tête de lecteur laser. Du système analogique,

du PI et un convertisseur sophistiqué. De son côté, Pioneer exposait un lecteur CD qui avait été présenté pour la première fois à l'Audio Fair de Tokyo en octobre 90, le PD-T07, qui vient d'ailleurs d'être suivi (au Japon) du PD-T05. On connaissait déjà chez Pioneer et Teac des systèmes à large palet-presseur de grande efficacité. Pioneer fait encore mieux sur le PD-T07 en faisant appel à un vrai plateau tournant. Le disque est posé sur

tillonnage, le Stax DAC Talent. Autre curiosité, le chargeur de disques CD, Compact Driver, d'une capacité de 400 disques, soit un total de 493 heures (max.) de lecture continue.

Passons très brièvement aux amplificateurs pour signaler la sortie du Mac Intosh 7150 de 2x150 W au prix de 20 000 F seulement, des électroniques à tubes japonaises Air Tight, des blocs mono hybrides 80 W Lectron JH 80, des étouffants intégrés Artec ARTP-60 (France) et Luxman L 570 ou de « monstres » comme le FM Acoustic (Suisse) ou le ML-6 Exclusive/Pioneer.

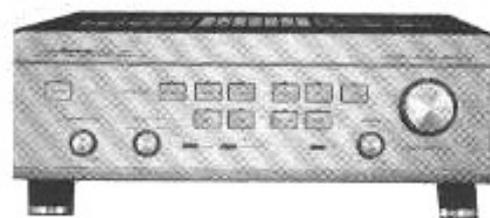
En raison des événements politiques du début de l'année, plusieurs exposants ont beaucoup hésité à participer au Salon de la Haute-Fidélité. Finalement, cette manifestation a été un succès total, ce, au regret de quelques grandes firmes absentes qui participeront sans doute l'année prochaine. En supprimant les matériels vidéo, on renoue avec la tradition d'un salon qui, après trente années de succès, avait fini par devenir un salon lequel l'audio ne représentait plus qu'une petite part. Il est à parier que le salon 92 obtiendra un succès encore plus marqué. Il peut cependant entraîner une augmentation sensible des frais de participation, ce qui pourrait décourager les PME de l'audio, ceux qui regroupés créent souvent l'événement dans les salons hi-fi de haut de gamme.



Mécanique avec plateau tournant et palet-presseur Pioneer, modèle PD-T07.

plusieurs lecteurs CD Technics opteront ainsi pour un système d'asservissement numérique grâce à deux circuits intégrés spécifiques, les AN 8800 SC et MN 6650 à convertisseurs N/A intégré, les trois sorties permettant de commander directement les correcteurs de focalisation, de tracking et de traverse. Très rapide, cet asservissement évite les phénomènes de suroscillation et de retard dont la conséquence la plus connue est l'apparition d'erreurs corrigibles seulement en partie. Citons au passage quelques nouveautés vues au Salon Hi-Fi'91 : le Teac X1, lequel réunit sous un prix attrayant la mécanique fabuleuse

celui-ci la face gravée du côté supérieur. L'entraînement s'effectue par l'intermédiaire du palet-presseur. Il en résulte une très nette diminution des vibrations parasites du disque en rotation avec, pour conséquence, une lecture mieux suivie des informations codées. D'autres lecteurs CD ont retenu l'attention comme le CDP-777 SE de Sony, les séries 30 de Kenwood, le lecteur CD français Isem (pré-série). Dans le haut de gamme, précisons qu'un bon nombre de lecteurs CD ne sont pas encore exportés, dont l'Accuphase DP 70V. Sur le stand Stax, un nouveau convertisseur 20 bits/octuple suréchan-



Amplificateur intégré pure classe A Luxman L-570.

**Page non  
disponible**

# LA HIFI COMMUNICANTE EST NEE

Jacques Fric



*La généralisation des techniques numériques dans le monde de la Hi-Fi permet de lui faire bénéficier des travaux relatifs au traitement du signal numérique effectués dans le domaine des télécommunications où cette technologie est maintenant utilisée depuis 15 ans. La disponibilité de DSPs ("Digital Signal Processors" : processeurs de signaux numériques qui sont des microprocesseurs spécialisés dans le traitement des fonctions mathématiques) de plus en plus puissants permet d'implanter en temps réel des algorithmes permettant la "compression" du son dans des rapports élevés, sans en dégrader sensiblement la qualité. Il sera présenté un équipement utilisant un algorithme ne nécessitant que 2 bits par échantillon, comparable à un système nécessitant 16 bits par échantillon. Ceci permet de transmettre des programmes de qualité Modulation de Fréquence sur « Numéris », le réseau téléphonique numérique de France Telecom.*

Cet article n'a pas la prétention de décrire tous les algorithmes de compression du son développés au monde, mais de présenter un rapide historique des techniques utilisées, des principales familles, de leurs principes et de leurs applications.

Par ailleurs, la description des algorithmes restera au niveau des principes, dans la mesure où ils sont mathématiquement complexes.

Ceux que nous avons utilisés ont été développés par le CNET-Lannion (Centre National d'Etudes en Télécommunications de France Telecom).

Le lecteur désirant en savoir plus pourra se reporter à des articles plus techniques cités en référence.

## Intérêt du numérique

Numériser des informations présente un certain nombre d'avantages déterminants qui ont contribué au succès de cette pratique.

— Facilité de stockage des informations et bonne conservation dans le temps de ces informations.

— Robustesse à la manipulation.

— Immunité au bruit.

— Protection contre les erreurs (codes correcteurs).

— Exploitation des propriétés du signal.

— Transport et aiguillage (commutation numérique) sans dégradation par des moyens de télécommunications disponibles et

banalisés (privés, publics, internationaux) et ceci quelle que soit la distance.

Les télécommunications par satellite, par exemple, font parcourir aux informations numériques environ 80 000 km sans qu'aucune dégradation ne soit constatée.

Bien entendu, cela ne va pas sans quelques inconvénients, en particulier le codage numérique n'est pas le plus économique en volume de stockage ou en débit de transmission.

A titre d'exemple, le codage de morceaux de musique en qualité FM (bande passante de 40 Hz à 15 kHz) nécessite d'échantillonner à 32 kHz le signal (32 000 fois par seconde) et demande 16 bits par échantillon.

Le débit binaire résultant est de :

$$32\ 000 \times 16 = 512\ 000 \text{ bits/s,}$$

ce qui est un débit très élevé.

Une heure de musique nécessite le stockage de presque 2 milliards d'éléments binaires (bits) !

Un tel volume est important.

Les supports de télécommunications numériques correspondant à ces débits n'existent qu'en liaison louée et sont très coûteux.

Le seul support économique en télécommunications numériques est le réseau commuté « Numéris » de France Telecom qui, dans sa version de base offre

tions nécessaire pour coder les signaux audio s'appuient sur deux principes de base :

— Le principe de numérisation linéaire n'est pas optimisé pour coder des signaux audio (autrement on ne pourrait pas le réduire !).

En effet, ce principe n'exploite pas les redondances du signal audio (stationnarités).

— L'oreille est un organe imparfait et il n'est pas nécessaire de coder ce qu'elle n'est pas susceptible d'entendre.

En particulier, les phénomènes de masquage permettent de réduire considérablement la

Chacun a pu expérimenter ce phénomène lorsque l'on essaie de tenir une conversation dans un environnement bruyant (le métro aux heures de pointe par exemple) ou, pour continuer une conversation, on est amené à élever le son de la voix, en niveau, mais aussi en fréquence (ce qui rend la conversation fatigante, car on n'est pas dans son domaine spectral habituel) pour s'affranchir de cet effet de masquage et être entendu.

Bien entendu, le phénomène de masquage s'atténue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la fréquence masquante.

Une courbe de masquage typique est formée d'une partie horizontale autour de la fréquence masquante, bordée d'une droite d'une certaine pente à droite et d'une pente différente à gauche.

Toute fréquence dont l'énergie est sous ce gabarit est dite masquée et n'a pas à être transmise.

De plus, la mise en forme du bruit permet encore d'en améliorer la qualité subjective.

Le premier principe a historiquement d'abord été utilisé, puis le deuxième.

Les algorithmes actuels combinent ces deux principes, plus quelques raffinements et ce, avec des stratégies évolutives (systèmes experts).

Deux grandes familles d'algorithmes existent :

— Les algorithmes « temporels » ou à dominante temporelle.

— Les algorithmes « fréquentiels » ou à dominante fréquentielle.

Rappelons qu'un signal audio peut être représenté soit dans le domaine temporel (signal fonction du temps), soit dans le domaine fréquentiel (signal fonction de fréquences) et que l'on peut passer de la première à la seconde par une fonction mathématique appelée transformée de Fourier et de la seconde à la première par la transformée inverse.

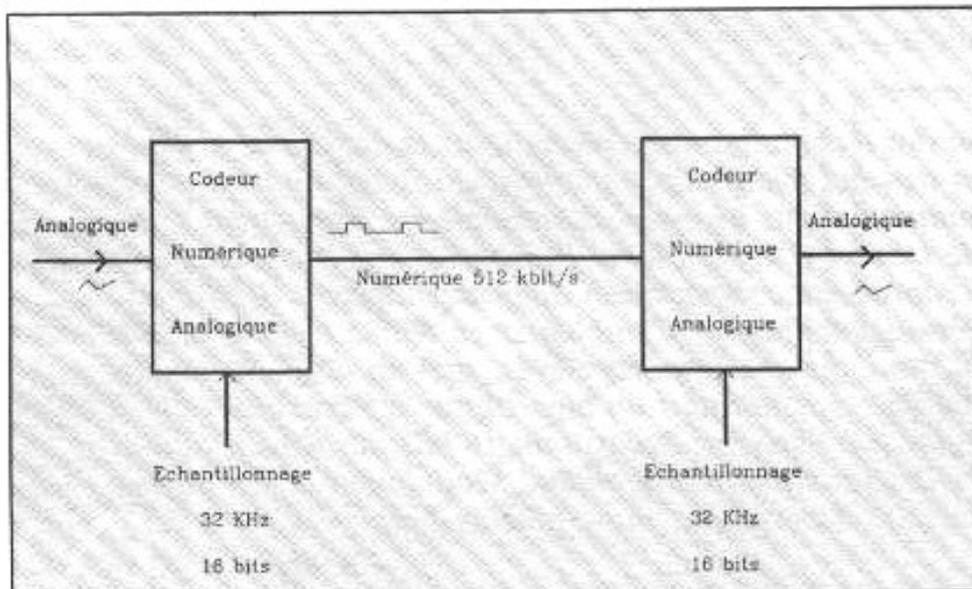


Fig. 1 : Principe du traitement numérique d'un signal analogique.

l'accès à deux canaux de 64 kbits/s.

D'où l'intérêt d'utiliser des techniques permettant de réduire ce débit de 512 kbits/s à 64 kbits/s sans pour autant dégrader de façon sensible la qualité de la musique numérisée.

Après des années d'études, ces algorithmes sont maintenant au point et sont intégrés dans des équipements professionnels.

## Les techniques de compression de signaux audio

Les principes utilisés pour réduire la quantité d'informa-

quantité d'information nécessaire. On appelle masquage le phénomène psycho-acoustique qui fait que l'oreille n'entend pas des fréquences voisines dites « fréquences masquées », d'énergie inférieure, à celle d'une fréquence donnée dont l'énergie est importante « dite fréquence masquante ».

Le masquage est maximum au voisinage de la fréquence masquante et l'intensité de ce masquage croît plus vite que le niveau de la fréquence masquante.

Les fréquences basses sont les plus gênantes, et les fréquences hautes les plus gênées.

Ce sont deux manières de décrire le signal audio qui sont équivalentes.

Dans le cas précis qui nous intéresse, comme nous ne disposons que d'échantillons du signal, nous utiliserons la transformée de Fourier « discrète » (transformée dite rapide si l'on choisit bien le nombre d'échantillons, en anglais FFT « Fast Fourier Transform »).

## Les standards de qualité en audio

En partant de la plus basse qualité vers la plus haute, on définit habituellement :

— Qualité Vocoder bas débit, réservé à la parole (2 400 bits/s ou même moins). Il est quasiment impossible de reconnaître le locuteur.

Les principes utilisés pour réaliser ces taux de compression importants (de l'ordre de 30 si on se réfère à la « qualité » téléphonique), qui sont de modéliser le conduit vocal (cavité buccale, gorge, larynx...) et de n'envoyer que les informations d'excitation de ce conduit rendent atypique le timbre et la tonalité des voix.

— Qualité CELP, destiné aux

communications avec les mobiles, les débits varient de 4,8 à 16 kbits/s (en cours de normalisation ou normalisé CCITT : GSM).

Réservé à la parole la qualité reste médiocre.

A noter que la version à 16 kbits/s se rapproche de la qualité téléphonique (300-3 400 Hz, S/B infér. à 38 dB).

— Qualité MICDA (ADPCM normalisé CCITT G721) : très proche de la qualité téléphonique.

— Qualité téléphonique de référence (normalisé CCITT G 711), 64 kbits/s, S/B infér. à 38 dB, dynamique = 72 dB environ.

Notons qu'une variante à 56 kbits/s est utilisée principalement aux USA, au Canada et au Japon.

Rappelons qu'en France, plus de 50 % du réseau téléphonique est numérique.

— Qualité voix commentaire, destinée à remplacer les anciennes liaisons 10 kHz, elles sont adaptées en qualité à la réalisation de canaux son télévision (commentaires sportifs par exemple, il faut savoir qu'à un programme vidéo peuvent être

associés plusieurs dizaines de canaux son pour les commentateurs des différents pays suivant la retransmission). Ce type de codage fait appel à une technique MICDA à 2 sous-bandes (de la même famille que l'algorithme décrit plus loin). La qualité est très bonne pour la reproduction de la parole : bande passante 50-7 000 Hz, S/B = 50 dB, dynamique 84 dB environ, débit = 64 kbits/s. Normalisé au CCITT (G 722).

— Qualité radiodiffusion de programmes FM (Modulation de Fréquence).

Différents algorithmes existent parmi lesquels ceux décrits ci-après, en particulier celui permettant de descendre à 64 kbits/s.

La bande passante est de 40 à 15 000 Hz, le rapport signal à bruit de 60 dB environ, la dynamique de 86 dB en théorie.

— Qualité studio 20 Hz à 20 000 Hz, dynamique supérieure à 96 dB, rapport S/B du même ordre.

Norme DAB, la compression jusqu'à des débits de 64 kbits/s n'est pas envisagée pour ce type de qualité, du moins à court terme...

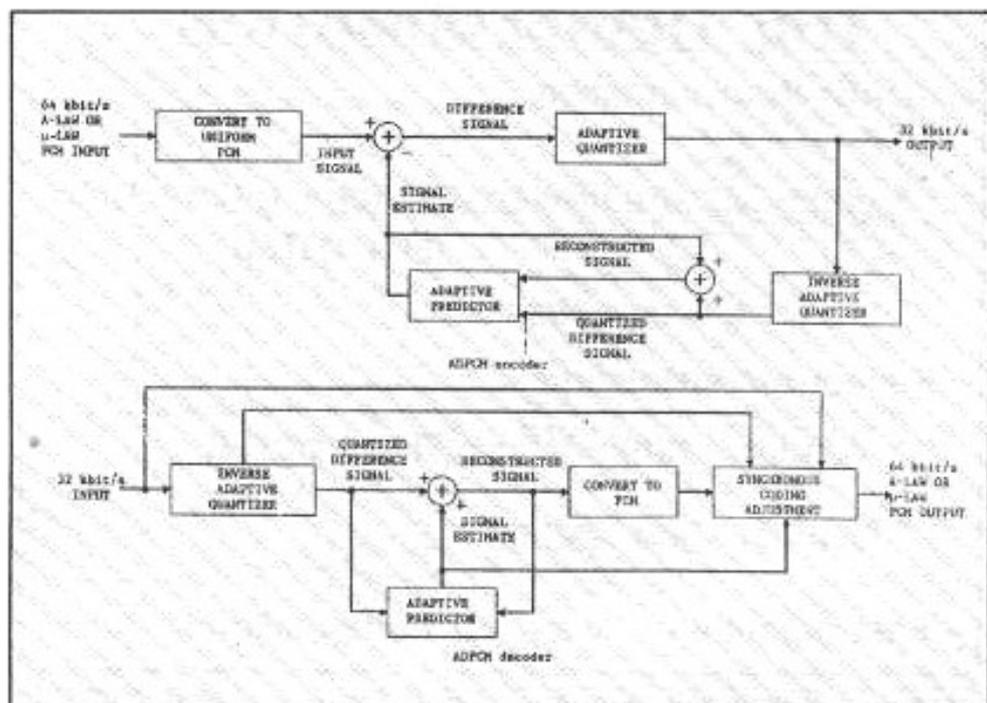


Fig. 2 : Exemple de bloc diagramme d'un codeur et d'un décodeur MICDA.

## Les algorithmes « temporels » MICDA et MICDA en sous-bandes

Ceux-ci s'appuient sur la stationnarité du signal. On essaie de prédire la valeur de l'échantillon à venir à partir de ceux reçus précédemment.

L'échantillon suivant peut alors être représenté par l'erreur de prédilection.

Celle-ci nécessite moins d'information que la valeur absolue de l'échantillon, d'où le gain en efficacité de codage appelé gain de prédilection...

Les algorithmes de prédilection s'appuient sur ce que l'on appelle le filtrage adaptatif et

sont bien maîtrisés depuis la fin des années 70.

Le codage de la parole en qualité téléphonique (300-3 400 Hz) en MICDA à 32 kbits/s au lieu de 64 kbits/s fait l'objet de normes au CCITT (Instance internationale chargée de normaliser les télécommunications).

Par ailleurs le pas de quantification est lui-même adaptatif pour optimiser le rapport signal à bruit.

La figure 2 donne un exemple de bloc diagramme d'un codeur et d'un décodeur MICDA (MIC pour Modulation par Impulsion Codées, et DA pour Différentiel Adaptatif), en anglais ADPCM (Adaptative Diferential Pulse Coded Modulation).

Le gain est toutefois limité à un rapport 2.

Les techniques de codage en sous-bandes ont permis d'en améliorer l'efficacité pour des signaux de bande passante plus élevés (remarquons que la découpe en sous-bandes de fréquences fait déjà intervenir l'aspect fréquentiel).

Ils s'appuient sur le fait que l'énergie du signal audio (donc l'information) n'est pas uniformément répartie dans le spectre des fréquences (le fondamental et les harmoniques de premiers rangs des notes générées par des voix ou des instruments contiennent l'information de type essentiellement « sémantique » et les harmoniques de rang plus élevé contiennent une information de type essentiellement « esthétique »).

On peut en prendre conscience en écoutant un morceau de musique sur des médias de qualité diverses :

- téléphone (300-3 400 Hz)
- radio AM (100 Hz-4 500 Hz)
- cassette ordinaire (100 Hz-10 kHz)
- ...

On peut reconnaître le morceau même si la qualité est médiocre (manque de basses, manque d'aigus, manque de

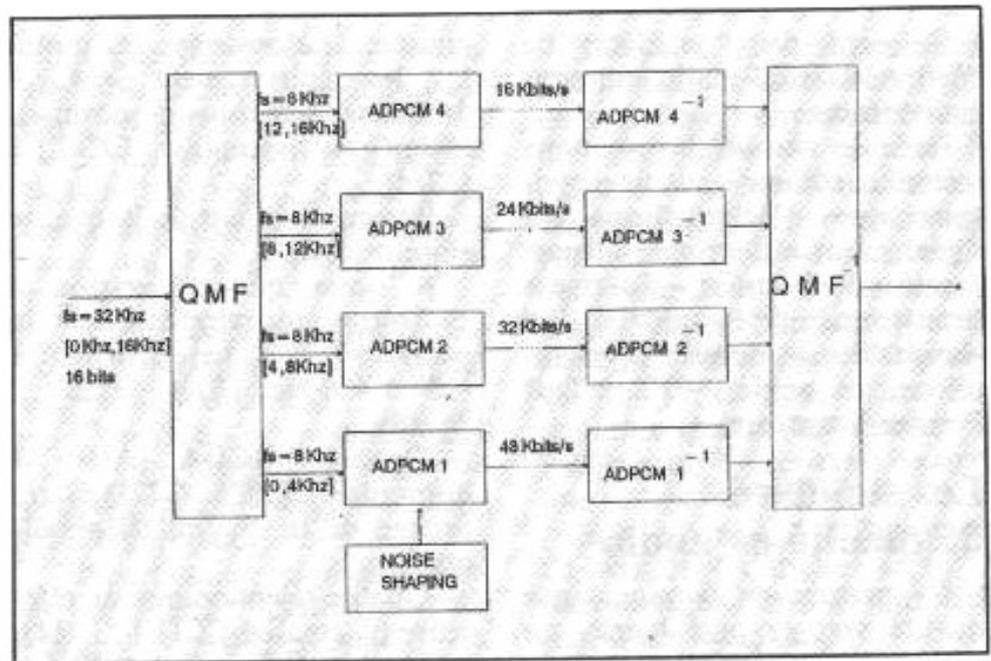


Fig. 3 : Bloc diagramme d'un codeur-décodeur stéréo utilisant 4 processeurs de signal de 10 MIPS.

dynamique, bruit de fond...).

En fait, pour la plupart des voix et des instruments la partie la plus importante du signal se situe dans la bande 40-4 000 Hz.

On tire profit de cela pour optimiser l'allocation des bits de codage.

Par exemple, nous avons développé un équipement utilisant un algorithme du CNET, à 4 sous-

bandes (40 Hz-4 kHz, 4 kHz-8 kHz, 8 kHz-12 kHz, 12 kHz-15 kHz), chaque sous-bande étant codée en MICDA avec un nombre de bits de 7 pour la sous-bande 1, de 4 pour la sous-bande 2, de 3 pour la sous-bande 3 et de 2 pour la sous-bande 4, permettant de réduire de 512 kbits/s à 128 kbits/s des signaux audios de qualité FM (40 Hz-15 kHz).

## THE TRANSFORMATION

— TDAC Transformation

$$* y(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot h(n) \cdot \cos(2\pi \cdot (2k+1) \cdot (2n+1)/4N + (2k+1)\pi/4)$$

$$k = 0, \dots, N/2 - 1$$

— Perfect reconstruction

$$* \text{Window } h(n) = \sqrt{2} \cdot \sin(\pi(n+1/2)/N)$$

\* Overlap - add (50 %)

— Fast algorithm :  $N \cdot \log_2(N)$  computations.

Annexe 2 : Formulation mathématique de la transformée fréquentielle dite TDAC.

On voit que la sous-bande basse qui contient tous les fondamentaux et les harmoniques de premiers rangs est codée sur 7 bits ce qui, compte tenu du gain de prédilection lié au codage MICDA offre une qualité équivalente à un rapport signal à bruit de 60 dB environ, ce qui correspond à l'efficacité d'un bon démodulateur FM.

La qualité est inférieure dans les autres bandes mais très suffisante (les harmoniques de rang élevé n'ont pas besoin de la même précision) pour que la qualité subjective globale soit

celle de la bande basse.

La détection de transitoires et la mise en œuvre d'un traitement particulier a été incorporée à l'algorithme afin de palier la faiblesse du MICDA vis-à-vis de ces signaux. Le résultat final obtenu est très satisfaisant et ces équipements sont utilisés pour transmettre par satellite des programmes radio FM vers des émetteurs éloignés.

Cette famille d'algorithme ne permet pas de réaliser des gains en codage meilleurs que 4, sauf à augmenter considérablement le nombre de sous-bandes, mais

alors on se rapproche des algorithmes fréquentiels, elle est assez simple à mettre en œuvre et surtout reste efficace pour une grande variété de signaux audio.

A titre d'exemple un codeur/décodeur stéréo nécessite l'utilisation de 4 processeurs de signal DSPs 16 bits virgule fixe de 10 MIPS (chacun capable de réaliser 10 millions d'opérations par seconde).

Le bloc diagramme d'un codeur de ce type est donné en figure 3.

Notons que la découpe en sous-bandes et surtout la recombinaison de la bande totale à partir des sous-bandes se fait en utilisant les filtres numériques particulier appelés QMF « Quadrature Mirror Filters » (filtres miroirs en quadrature), qui ont la propriété de jouer un rôle essentiel de « Scotch invisible » nécessaire au recollage des sous-bandes sans introduire de distorsion.

## Algorithmes « fréquentiels »

On a vu précédemment que le gain n'était pas suffisant pour réduire à 64 kbits/s le débit résultant (2 bits par échantillon, 32 000 échantillons par seconde = 64 kbits/s).

L'utilisation de transformées fréquentielles permet d'atteindre cet objectif.

L'algorithme mis au point par le CNET utilise la transformée dite TDAC (Time Domain Aliasing Cancellation).

La formulation mathématique de cette transformée est donnée en annexe 2.

A partir de 1 024 échantillons successifs codés sur 16 bits chacun, cette transformée permet de calculer les 512 coefficients associés à 512 bandes de fréquences régulièrement espacées dans le spectre (entre 40 Hz et 15 kHz). Les blocs sont entrelacés pour assurer une meilleure continuité

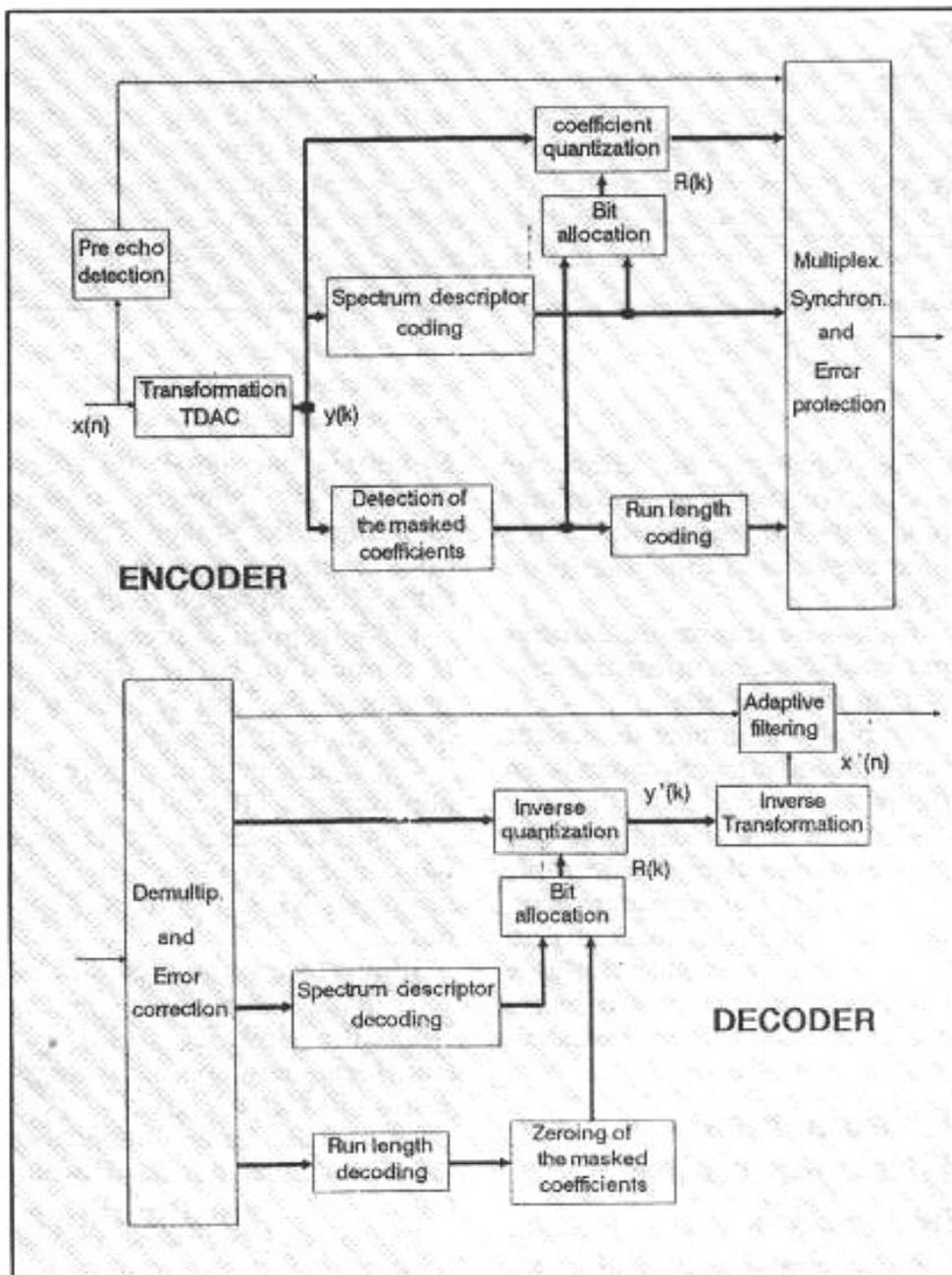


Fig. 4 : Le diagramme d'un codeur hi-fi 15 kHz à 20 kHz à 64 kbits/s.

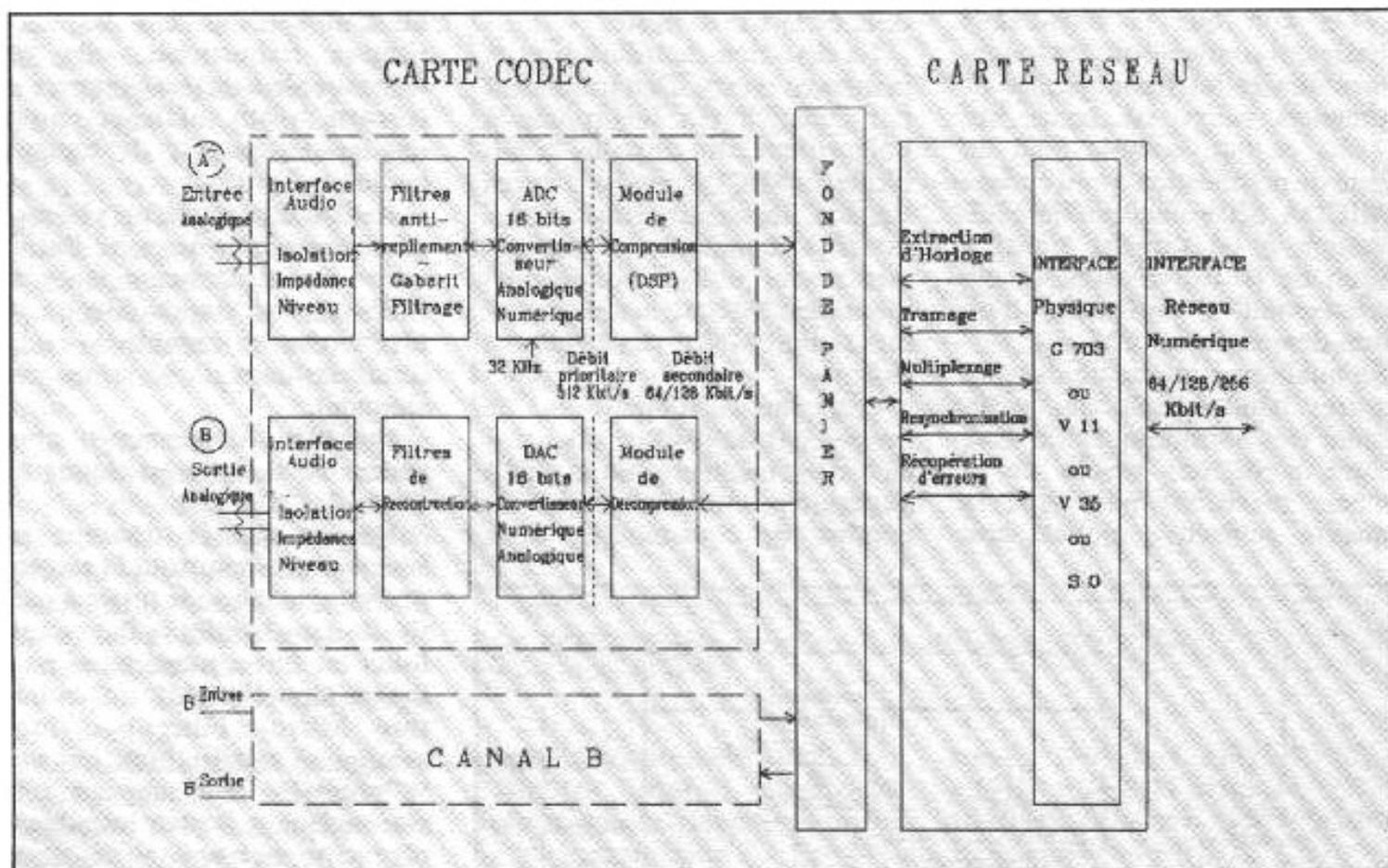


Fig. 5 : Diagramme fonctionnel de l'équipement HiFiScoop.

du codage.

La reconstruction est réalisée par une fonction de filtrage pour chaque fenêtre.

Les courbes de masquage (cf. description du phénomène de masquage) sont appliquées sur les coefficients afin d'éliminer la partie non audible du spectre.

On obtient alors des séquences de coefficients non masqués (à transmettre) et des séquences de coefficients masqués (que l'on peut éliminer).

On code la longueur de ces séquences en utilisant un code de Huffman pour en optimiser l'efficacité.

En moyenne, on peut ainsi éliminer 400 coefficients sur 512. Les coefficients restants peuvent ainsi être codés avec une grande précision.

Le codage étant variable, on doit transmettre le descripteur de spectre qui indique comme il faut lire l'information transmise.

De nouveau, on utilise un codage prédictif et entropique (codes de Huffman) entre blocs pour exploiter la stationnarité du signal.

En cas de transitoire détectée par le système, on utilise une prédiction fréquentielle.

Le bloc diagramme du codeur et du décodeur sont donnés en figure 4.

Cette technique demande une puissance de calcul considérable et nécessite l'usage de processeurs de signal très puissants du type 32 bits en virgule flottante associés à des tables auxiliaires contenant des valeurs précalculées en mémoire vive.

## L'équipement Hifiscoop réalisé par AETA

Cet équipement réalise les fonctions de codage (mono ou stéréo) de compression (à 128 ou

64 kbits/s par canal) de transmission sur Numéris (réseau numérique de France Telecom) pour le sens émission et les fonctions symétriques en réception.

L'équipement se présente sous la forme d'un coffret de 45 cm de largeur de 5 cm de hauteur et de 28 cm de profondeur.

Cet équipement incorpore une alimentation 110/220 V.

L'interface audio est réalisée par connexion en face arrière sur des prises XLR (2 entrées, 2 sorties).

L'interface audio présentée est soit basse impédance niveau +21 dBm (600 Ω) isolée par transformateur, soit haute impédance (50 kΩ) 1 V eff.

La sortie basse impédance (50 Ω) est isolée par transformateur.

Le gain de l'équipement est de 0 dB.

L'interface réseau numérique est de type S0 offrant deux

canaux « B » à 64 kbits/s sur Numéris, une prise V24 et une prise minitel.

La numérotation peut s'effectuer au moyen d'un minitel raccordé sur l'équipement.

La dynamique mesurée de l'équipement est supérieure à 85 dB. Les codeurs utilisés sont de type Delta Sigma, à sur-échantillonnage 64 fois, de précision 16 bits, stéréo avec filtrage numérique incorporé.

Des filtres analogiques à bobines complètent ce filtrage, en particulier pour assurer la réjection hors bande.

Côté décodeur, des DAC 16 bits stéréo, à sur-échantillonnage 4 fois, associés à des filtres numériques externes complétés par un filtre analogique à bobines sont utilisés.

La carte Codec permet d'utiliser un ou deux modules de compression composés chacun de un ou deux DSPs de type 16 bits virgule fixe ou 32 bits virgule flottante (15 kHz dans 64 kbits/s).

L'équipement est synchronisé sur le réseau numérique par l'interface S0.

La face avant comporte des voyants et indicateurs indiquant l'état du système.

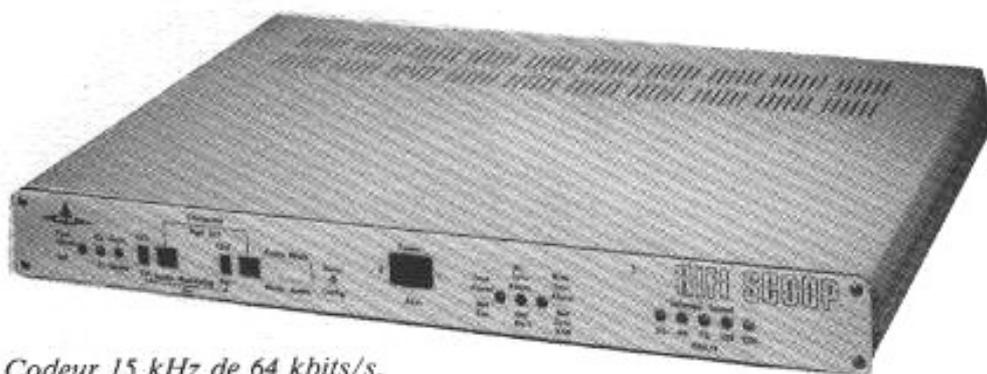
Le bloc diagramme de l'équipement est donné en figure 5. Une photo de l'équipement est donnée en annexe 1.

La figure 6 montre comment cet équipement peut réaliser la connexion entre une installation Hi-Fi et le réseau Numéris. Des essais ont déjà été réalisés sur Numéris mais en mono seulement avec un adaptateur Numéris X21/S0.

La version intégrée permettant la transmission en mono ou stéréo (qui nécessite une resynchronisation des deux canaux « B ») sera disponible vers la fin de l'année.

## Applications

Les premiers utilisateurs sont les radio-diffuseurs. En effet, cet équipement permet la transmis-



Codeur 15 kHz de 64 kbits/s.

sion de reportages ou d'émissions de qualité FM depuis n'importe quelle prise Numéris vers leur studio.

Compte tenu du prix (45 000 à 65 000 F), on peut envisager d'autres applications pour faire communiquer les auditoriums ou voire même des particuliers désireux d'échanger des enregistrements (Numéris permet, comme le réseau téléphonique, d'appeler et de se connecter à n'importe

bonnes conditions.

On voit que cet équipement ouvre la voie à un nouveau type d'application :

**la Hi-Fi communicante.**

## Références

1988 IEEE « Sub-Band ADPCM Coding for high Quality Audio Signals », A. Char-

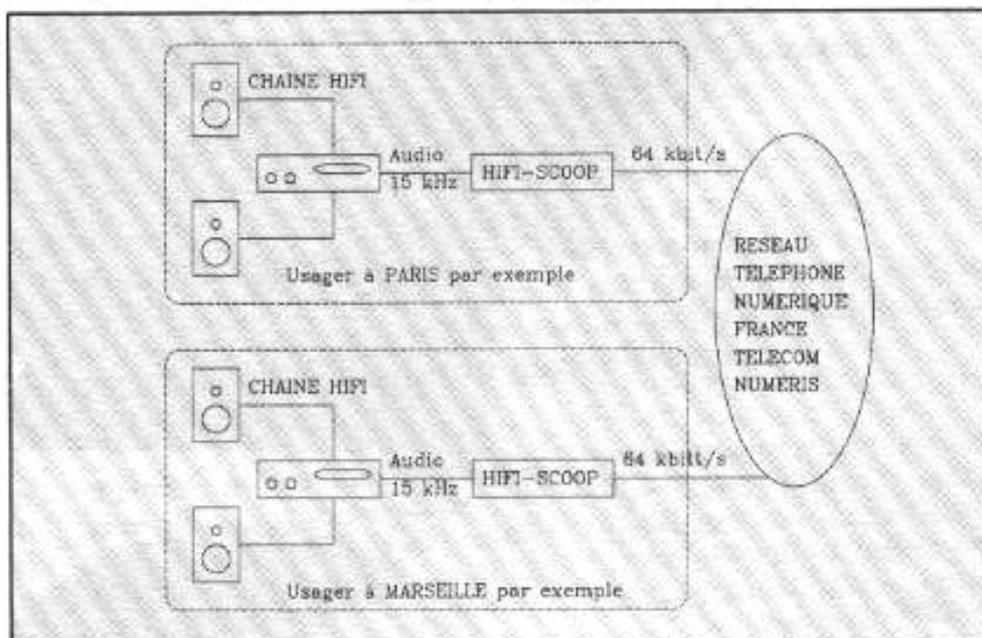


Fig. 6 : Exemple de connexion entre une installation hi-fi et le réseau numérique.

quel autre abonné).

Des serveurs audios consultables à travers cet équipement devraient également voir le jour.

Les utilisateurs pourraient alors sélectionner depuis chez eux l'enregistrement de leur choix et utiliser leur installation Hi-Fi pour l'écouter dans de

bonnier, J.-P. Petit.

Conférence GlobeCom 90 : Yannick Mahieux, Jean-Pierre Petit : « Transform Coding of Audio Signal at 64 kbits/s ».

AETA : 62-70, rue Blanchard-92260 Fontenay-aux-Roses - Tél. 46.61.22.55

**Page non  
disponible**

# THEORIES

## OFFSET ET DISTORSION

*Héphaïstos*

**D**

*ans « Le Je-ne-sais-quoi et le Presque-rien », Vladimir Jankélévitch distingue l'ignorance (ou non-connaissance innocente) de la méconnaissance, connaissance incomplète et trompeuse, dangereuse parce que ses limites ne sont pas connues. Ainsi en va-t-il, des problèmes d'offset en audio : ils ont été longtemps ignorés avec bonheur puis l'application irréfléchie de concepts et de solutions développées dans un autre contexte a conduit à mon sens les concepteurs audio dans une mauvaise voie ; au cours de notre étude d'amplificateur, nous avons compris que les problèmes d'offset (ou pour être plus précis de niveau continu superposé au signal audio) étaient capitaux dans la recherche d'une amplification de qualité extrême.*

Après le choc des premiers essais subjectifs de notre amplificateur et alors que les circuits imprimés nécessaires aux essais en stéréophonie sont en cours de réalisation (les problèmes de latch-up ont été résolus, non sans mal !), il nous a semblé intéressant de faire le point sur un des aspects les plus novateurs de cet amplificateur : la maîtrise des composantes continues et des distorsions associées. L'objectif de cet exposé étant de voir, au-delà du monstre actuel, l'application des théories que nous avons développées en cours

d'étude, à des montages plus accessibles aux audiophiles.

La bande audio (traditionnellement 20-20 000 Hz) exclut la fréquence 0, le continu. L'amplification des signaux audio ne devrait donc pas se soucier du continu et les premiers montages à tubes (d'ailleurs longtemps incapables de traiter les signaux continus) au moyen de force condensateurs ou transformateurs, évitaient généralement de transmettre la composante continue entre les différents étages d'une chaîne d'amplification. L'apparition des transistors a

entraîné petit à petit l'extinction des transformateurs puis des condensateurs de liaisons. L'adoption de schémas amplificateurs de structure proche de celle des amplificateurs opérationnels en circuits intégrés (circuits différentiels à l'entrée, double alimentation, suppression du condensateur de sortie) a posé le problème de la composante continue : en effet, une composante continue trop élevée conduit, avec les gains importants généralement mis en œuvre à un décairage du signal de sortie qui limite la puissance disponible

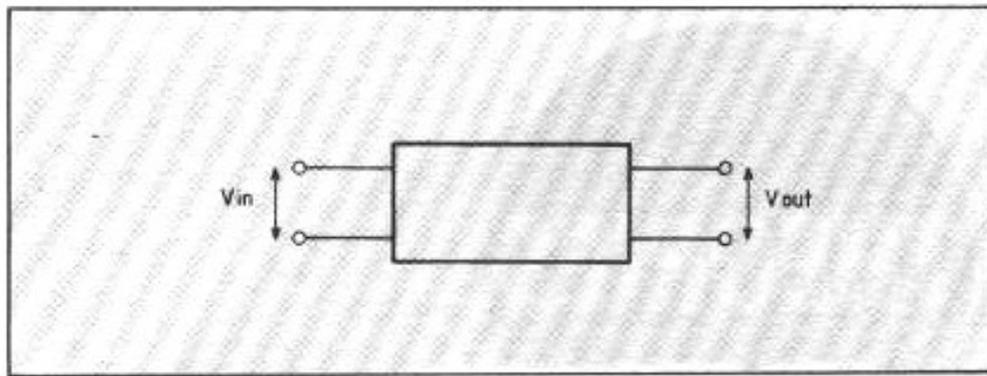


Fig. 1 : Le circuit électronique de base : le quadripôle.

avant écrêtage (le cas extrême étant d'être totalement en dehors de la plage de tension de sortie).

Pour traiter ce problème, on a adopté sans trop se poser de questions, les solutions déjà développées et appliquées avec succès dans d'autres domaines de l'électronique qui traitaient des signaux ayant une composante continue significative et porteuse d'information. Cette extrapolation, téméraire quand on y réfléchit un peu, paraît satisfaire tout le monde, pourtant nos recherches semblent montrer que c'est une erreur : elles ont mis en relief la relation entre composante continue et forme de distorsion (ou encore contenu harmonique de cette distorsion) et l'importance extrême de la stabilité de cette composante continue car elle est liée à la stabilité des distorsions ; la stabilité des distorsions pourraient ainsi être plus critique que leur valeur ou leur forme, à cause des facultés d'adaptation des traitements inconscients faits par notre cerveau sur les signaux reçus par nos oreilles. Ceux-ci pourraient apprendre à reconnaître une distorsion stable et à en supprimer la perception : une distorsion instable ne peut pas être éliminée de notre champ perceptif par un tel traitement.

Dans notre exposé d'aujourd'hui, nous ferons d'abord le point sur l'état de l'art : premièrement les bases théoriques du problème d'offset, ensuite nous verrons comment ce problème est traité en général

dans les circuits électroniques et comment les solutions classiques ont été sauvagement appliquées dans le domaine audio. La deuxième partie de notre discours proposera une autre approche : en premier une analyse théorique du problème mieux adaptée au contexte audio, ensuite un examen des solutions qu'il est possible d'envisager pour traiter ce problème d'une manière plus satisfaisante.

## Bases théoriques générales

### Contexte

Le fond du problème est lié à la divergence possible entre la nature des signaux à traiter et les caractéristiques des éléments actifs utilisés pour l'amplification. En fonction du domaine d'application, les signaux peuvent avoir une ou deux polarités ; ainsi en audio, les signaux traités sont des sons, autrement dit des vibrations ; ils sont donc purement alternatifs. Les éléments actifs sont eux, en revanche, unipolaires : qu'il s'agisse

de tubes électroniques ou d'éléments semi-conducteurs (transistors bipolaires — sic — ou transistors à effet de champ) leur fonctionnement implique un sens bien défini pour les tensions et les courants ; les électrons (dans le vide des tubes ou dans le matériau N des semi-conducteurs) ou les trous (dans le matériau P des semi-conducteurs) peuvent se déplacer dans les deux sens, mais aussi bien la thermo-émission (pour les tubes) que les phénomènes induits par la proximité des jonctions (pour les transistors bipolaires) ne fonctionnent que dans un sens. Pour les transistors à effet de champ, comme pour les tubes, ce n'est pas tout à fait vrai, mais la petite plage de fonctionnement alternatif pour le signal d'entrée (parfois utilisée en audio, par exemple dans les préamplificateurs de micro) est très limitée.

### Analyse mathématique

Un circuit électronique (voir la figure n° 1) se définit par une fonction de transfert qui lie le signal d'entrée  $V_{in}$  et le signal de sortie  $V_{out}$  (nous raisonnons ici avec des tensions, mais on peut aussi considérer des courants ou un mélange des deux — courant en entrée et tension en sortie par exemple). On considère généralement cette fonction comme stable et univoque. Il y a en électronique de nombreux exemples de circuits où cela est volontairement faux (circuits avec hystérésis, entre autres) mais dans les circuits qui se veulent linéaires,

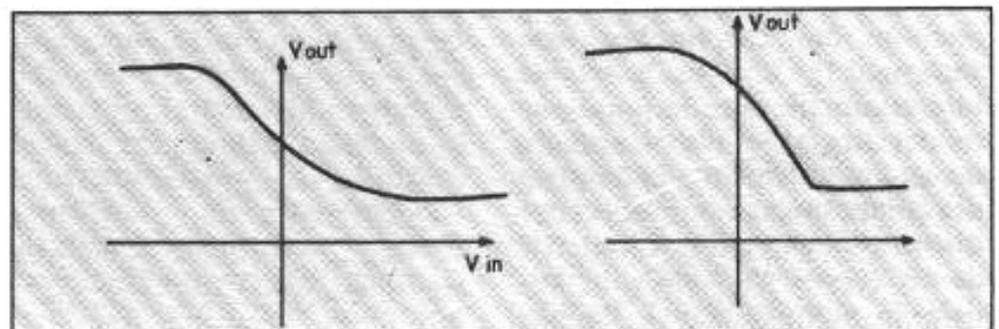


Fig. 2 : Exemples de fonctions de transfert.

cette hypothèse est admise sans restriction. Nous verrons dans la seconde partie de notre exposé que si elle peut être admise au premier ordre, cette hypothèse est pernicieuse pour les circuits audio de qualité extrême. Nous y reviendrons mais, pour l'heure, considérons cette fonction de transfert comme stable et mathématiquement parfaitement définie.

Cette fonction (la figure n° 2 en présente quelques exemples) est continue et continuellement dérivable en général :

$$V_{out} = f(V_{in}).$$

Pour simplifier notre exposé, nous noterons  $V_{in}$  par  $v$  et  $V_{out}$  par  $V$ . La fonction de transfert, eu égard à ses propriétés de dérivabilité, peut se décomposer en série de Taylor :

$$V = f(v) = f(0) + v.f'(0) + \frac{v^2}{2}f''(0) + \dots$$

ou encore

$$V = f(v) = V_0 + A.v + D(v)$$

$V_0$  est la tension en sortie quand l'entrée est nulle.

$A$  est le gain du circuit.

$D(v)$  représente les non-linéarités.

L'offset se définit comme la tension d'entrée qui produit une tension nulle en sortie :

$$0 = V_0 + A.v_0 + D(v_0)$$

$$v_0 = -\frac{V_0}{A} - \frac{D(v_0)}{A}$$

soit, puisque les non-linéarités sont faibles près de l'origine :

$$v_0 = -\frac{V_0}{A}$$

Nous verrons pourquoi l'application de la contre-réaction rend cette notion plus pratique que la tension de sortie à vide.

La fonction de transfert s'écrit alors :

$$V = f(v) = A.(v - v_0) + D(v)$$

## Application de la contre-réaction

Les bases de la théorie de la contre-réaction sont bien connue, aussi nous n'en rappellerons rapidement que les parties indispensables à notre exposé. Il existe de nombreux ouvrages pour traiter de l'approche classique de cette technique.

Pour soumettre un circuit à une contre-réaction (voir la figure n° 3), on réintroduit en entrée le signal de sortie à travers un réseau de contre-réaction :

$$v = v_{in} - \beta.V$$

Par un calcul archi-classique en utilisant la fonction de transfert définie ci-dessus, on obtient une formule bien connue :

$$V = \frac{A(v_{in} - v_0)}{1 + \beta.A} + \frac{D(v)}{1 + \beta.A}$$

dans laquelle  $\beta.A$  est le gain de boucle. Si celui-ci est grand, on peut négliger 1 au dénominateur et la fonction de transfert de l'amplificateur rebouclé devient :

$$V = \frac{v_{in} - v_0}{\beta} + \frac{D(v)}{\beta.A}$$

Dans cette formule de la fonction de transfert de l'amplificateur rebouclé, on trouve les pro-

priétés bien connues de la contre-réaction : la boucle de contre-réaction a imposé le gain correspondant au réseau de contre-réaction, la distorsion a été divisée par le gain de boucle et l'offset n'a pas changé.

Ce dernier résultat est très important pour ceux qui traitent des signaux continus. Une des

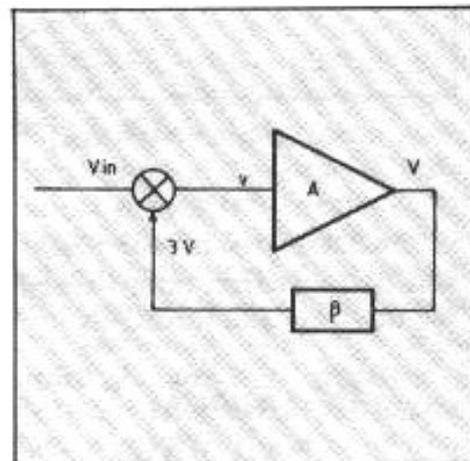


Fig. 3 : Principe de la contre-réaction.

caractéristiques les plus importantes pour les amplificateurs opérationnels intégrés est la valeur de l'offset ainsi que ses variations avec la température qui limitent les possibilités de compensation mais nous reviendrons sur ces points.

## Chaîne d'amplification

L'offset d'une chaîne d'amplification est doublement intéressant ; tout d'abord une chaîne audio est souvent l'empilage de plusieurs éléments amplificateurs et souvent chacun de ces éléments est lui-même constitué de plusieurs circuits introduisant leurs propres offsets, souvent rebouclés dans une contre-réaction globale. La figure n° 4 nous montre un empilage de trois circuits. Sachant que

$$V_1 = A_1(v_1 - v_{o1}) + D_1(v_1)$$

$$V_2 = A_2(v_2 - v_{o2}) + D_2(v_2)$$

$$V_3 = A_3(v_3 - v_{o3}) + D_3(v_3)$$

en négligeant les non-linéarités, on obtient alors comme tension de sortie à vide :

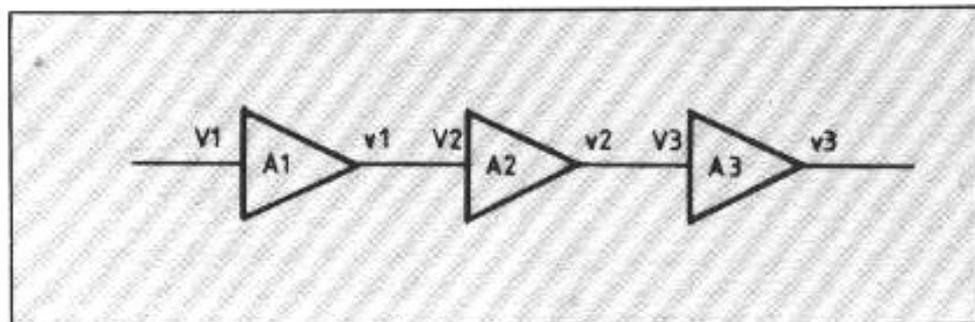


Fig. 4 : Chaîne d'amplification.

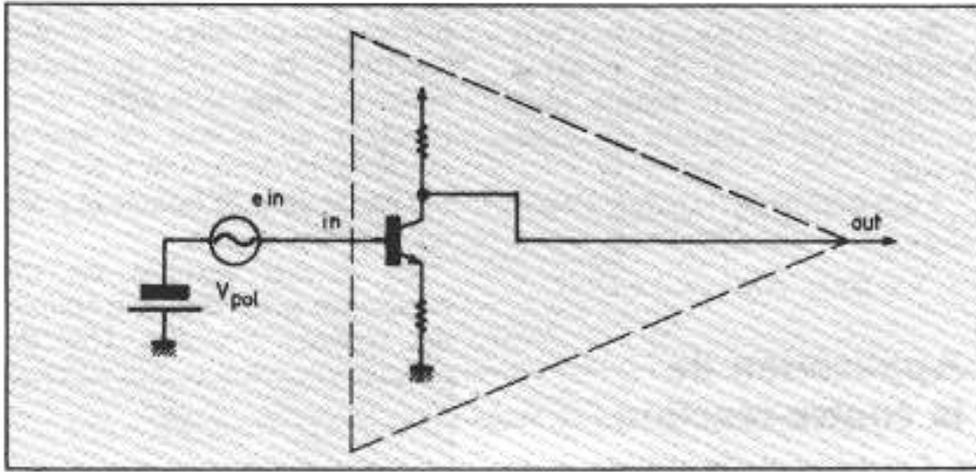


Fig. 5 : Polarisation d'entrée.

$$V_{o3} = A_3(A_2(-A_1 \cdot v_{o1} - v_{o2}) - v_{o3})$$
 soit comme offset pour l'ensemble des trois amplificateurs :

$$v_o = \frac{-V_{o3}}{A_1 \cdot A_2 \cdot A_3} = v_{o1} + \frac{V_{o2}}{A_1} + \frac{V_{o3}}{A_1 \cdot A_2}$$

Ce résultat est très intéressant, il montre que l'offset du premier étage se retrouve directement dans l'offset global, alors que les offsets des étages suivants sont divisés par le gain des étages précédents. Nous verrons que cela est primordial dans la réduction des offsets des amplificateurs.

### Analyse des circuits

Au commencement était le tube... mais les problèmes d'offset concernent surtout les transistors, aussi limiterons-nous cette analyse au transistor en traitant en détail les circuits à base de transistors bipolaires (pour les transistors à effet de champ nous donnerons quelques résultats sans expliquer leur obtention).

Nous avons déjà expliqué que les éléments actifs étant unipolaires, il faut superposer au signal alternatif à traiter une polarisation continue (voir la figure n° 5) Mais le signal de sortie inclura aussi une tension de polarisation. On peut la filtrer avec un condensateur si on traite des signaux alternatifs ; on peut

aussi, par un amplificateur identique en parallèle (voir la figure, n° 6) connaître la polarisation de sortie induite par la polarisation d'entrée : le signal de sortie est la différence entre les sorties des deux amplificateurs supposées identiques. Si, grâce à une polarisation interne (en utilisant une double alimentation par exem-

ple) on supprime la polarisation externe, on obtient un amplificateur capable d'amplifier des signaux des deux polarités et des signaux continus. C'est le principe de l'amplification différentielle (voir la figure n° 7).

Pour obtenir des circuits amplificateurs les plus identiques possibles, un schéma classique est d'avoir un traitement différentiel à chaque étage (voir la figure n° 7) qui associe deux éléments actifs dans une configuration différentielle.

Le circuit de base différentiel est donné en figure n° 8. Sa fonction de transfert se calcule à partir de l'équation du transistor bipolaire :

$I_s$  est le courant de saturation inverse de la jonction

$$I_E = I_s(\exp \frac{qV}{mkT} - 1)$$

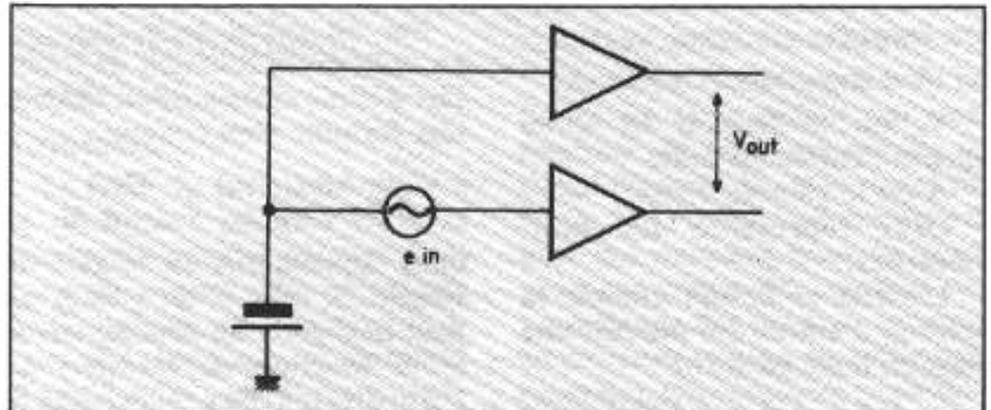


Fig. 6 : Principe de l'amplification différentielle.

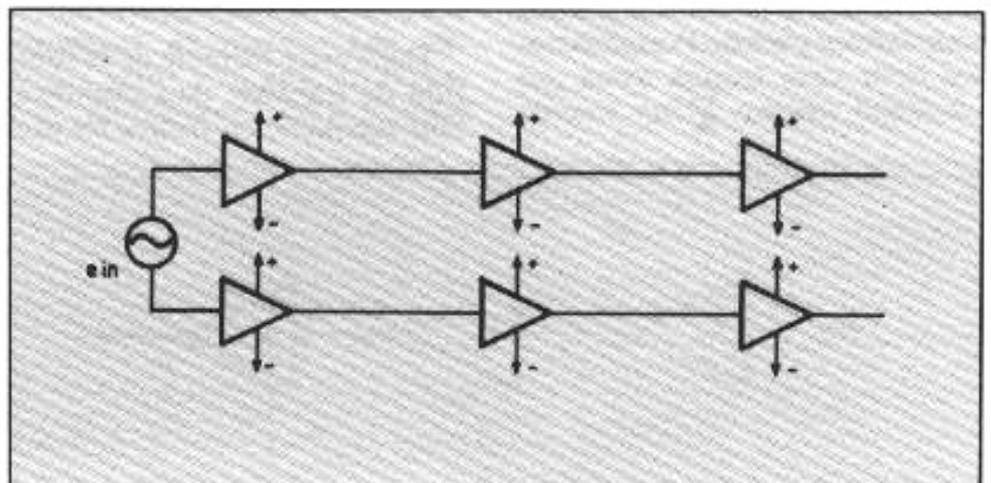


Fig. 7 : Amplification différentielle sans polarisation.

$q$  est la charge de l'électron  
 $V$  est la tension base-émetteur  
 $m$  est une constante liée au matériau semiconducteur voisine de 1  
 $k$  est la constante de Boltzmann  
 $T$  est la température absolue  
 $\frac{mkT}{q}$  vaut 25,7 mV pour les transistors au silicium à une température ambiante de 25° C.

Dans les conditions de polarisation habituelles,  $I$  est négligeable devant la valeur de la fonction exponentielle et on peut exprimer la tension base-émetteur par :

$$V_{BE} = \frac{mkT}{q} \log \frac{I_E}{I_s}$$

En décrivant les équations des tensions et des courants du circuit de la figure n° 8 et en résolvant ce système d'équation, on obtient :

$$I_{C1} = \frac{I_o \exp \frac{qV}{mkT}}{1 + \exp \frac{qV}{mkT}}$$

Le rapport entre les deux courants de saturation inverses est lié à la définition physique des deux transistors du différentiel. Pour obtenir des transistors les plus identiques possibles, on les réalise simultanément l'un à côté de l'autre. Les progrès dans la maîtrise de la fabrication des transistors sont maintenant tels que les caractéristiques des transistors ainsi réalisés sont principalement liés à la surface des jonctions base-émetteur des transistors.

$$\frac{I_{s2}}{I_{s1}} = \frac{S_{J_{BE2}}}{S_{J_{BE1}}}$$

Si on pose

$$v_o = \frac{mkT}{q} \log \frac{S_{J_{BE2}}}{S_{J_{BE1}}}$$

on obtient

$$I_{C1} = \frac{I_o}{1 + \exp \frac{q}{mkT}(V - v_o)}$$

$v_o$  qui caractérise le rapport entre les surfaces des jonctions des transistors du différentiel, est bien un offset qui introduit

une erreur de tension à l'entrée du différentiel. Il est intéressant de noter que la non-identité entre les transistors du différentiel ne se traduit que par un offset et qu'elle n'a pas d'effet sur le gain ou la linéarité du différentiel (limité aux deux transistors et à la source de courant).

### Autres sources d'offset

Malheureusement, l'environ-

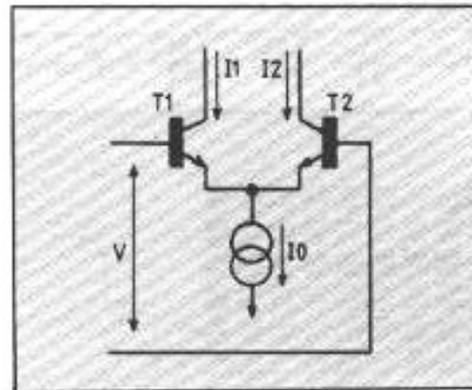


Fig. 8 : Etage différentiel à transistors bipolaires.

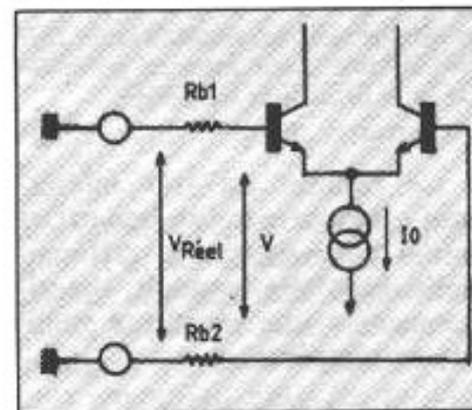


Fig. 9 : Erreurs sur la tension d'entrée dues aux résistances de base.

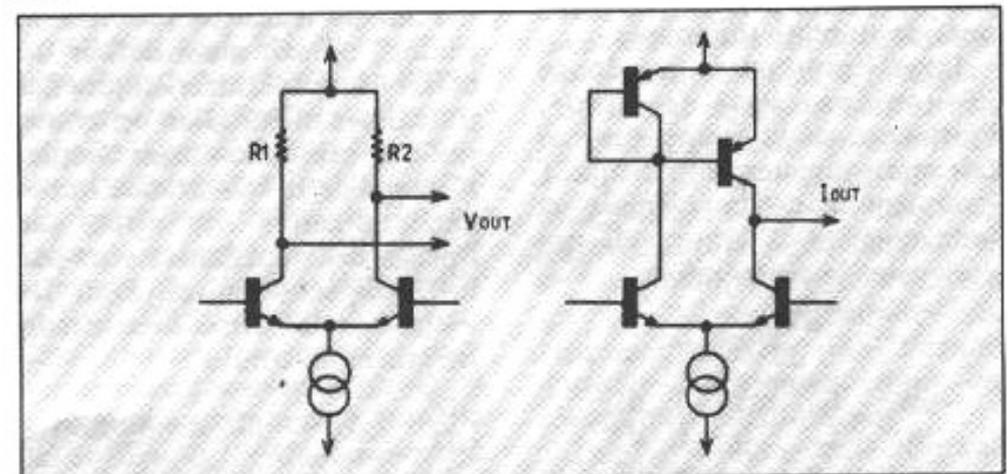


Fig. 10 : Deux charges possibles du différentiel.

nement va limiter la portée de ce résultat. En amont, tout d'abord, nous avons considéré la tension d'entrée comme étant la tension entre les deux bases, mais cette tension est fournie par des circuits ayant une certaine résistance interne (voir la figure n° 9). Ces résistances internes conduisent selon la loi d'Ohm à des chutes de tensions qui peuvent être des sources d'offset supplémentaires, si elles ne sont pas identiques.

Leur non-identité peut avoir deux causes : d'abord les résistances doivent être égales (c'est une contrainte facilement maîtrisable si les courants d'entrée sont relativement faibles ; l'appariage des résistances doit être d'un ordre de grandeur inférieur à l'offset initial divisé par le courant d'entrée). Ensuite, les courants d'entrée doivent être identiques, mais c'est un paramètre plus difficile à maîtriser lors de la fabrication du différentiel et une donnée intangible pour l'utilisateur. Cela explique pourquoi de faibles valeurs de courant d'entrée et un bon appariage de ces courants d'entrée sont recherchés en plus d'un bon offset pour les paires de transistors différentiels ou les amplificateurs opérationnels en circuit intégré.

En aval de la paire différentielle, la qualité de l'offset peut également être dégradée par la charge (voir la figure n° 10) : par

des résistances non égales ou par des erreurs du miroir de courant. Mais comme nous l'avons vu plus haut pour les chaînes d'amplification, cela est atténué par le gain du différentiel.

## Effets de la température

Les composants électroniques voient leurs caractéristiques varier avec la température. Ce phénomène concerne essentiellement les transistors et nous n'analyserons que les effets de la

Les variations relatives de  $I_s$  sont constantes pour une technologie donnée. Cela permet de calculer pour les transistors au silicium :

$$\frac{dV_{BE}}{dT} = -2,2 \text{ mV/}^\circ\text{C}$$

Dans le cas d'un étage différentiel :

$$\frac{dv_o}{dT} = \frac{dV_{BE1}}{dT} - \frac{dV_{BE2}}{dT}$$

comme les variations liés à  $I_{s1}$  et  $I_{s2}$  se compensent, on trouve :

$$\frac{dv_o}{dT} = \frac{V_{BE1}}{T} - \frac{V_{BE2}}{T} = \frac{v_o}{T}$$

(tension d'entrée d'un FET pour laquelle le courant s'annule).

Si les transistors à effet de champ sont polarisés près du point où la dérive en température s'inverse, on a :

$$\frac{dv_o}{dT} = -2,2 \cdot 10^{-3} \frac{\sqrt{I_{D1}} - \sqrt{I_{D2}}}{\sqrt{I_{DZ}}}$$

$I_{DZ}$  est le courant correspondant au point de dérive nulle.

A ceux qui voudraient approfondir le sujet (pour les FET comme pour les transistors bipolaires), je conseillerais le très bon ouvrage de J. Graeme, G. Tobey et L. Huelsmann : « Operational Amplifiers, Design and Applications », Mac Graw Hill, 1971.

## La lutte contre l'offset

Comment limite-t-on les effets des offsets de manière classique ? On cherche d'abord à les éviter ou à les minimiser ; ensuite il faut les compenser ou les corriger. La première étape correspond à la conception des circuits de base et la seconde à leur utilisation.

## L'offset dans la conception

Cette phase de conception concerne soit les concepteurs de circuits intégrés, soit (et là, nous nous sentons plus impliqués) les concepteurs de circuits en éléments discrets. Nous avons vu que l'offset était produit par les imperfections des paires différentielles et que la contre-réaction était malheureusement impuissante à réduire l'offset. La première démarche consiste donc à rechercher les meilleures paires différentielles.

Depuis de nombreuses années, les progrès constants de la micro-électronique permettent de maîtriser de mieux en mieux les procédés de fabrication des transistors. Ces progrès se font dans plusieurs directions : des géométries de transistors croisés ou imbriqués (voir la figure n° 11)

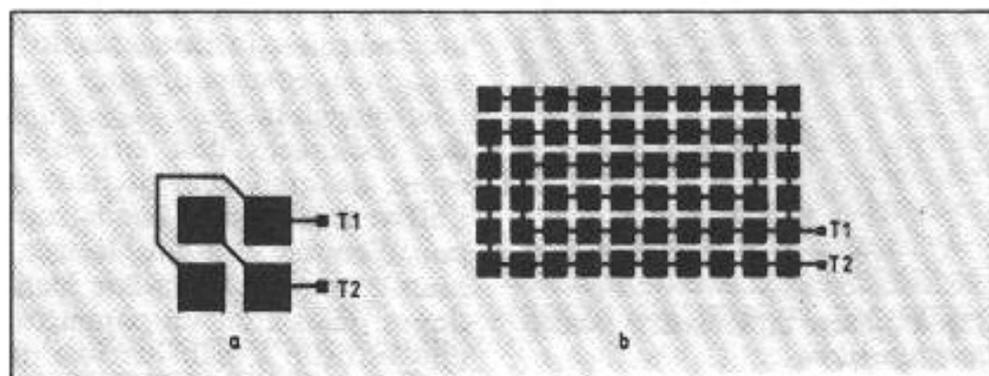


Fig. 11 : Exemple d'implantation de transistors croisée (a) ou imbriquée (b). Chaque carré représente un transistor élémentaire. Leur mise en parallèle dans un transistor dont les caractéristiques et le bruit sont moyennés.

température sur les transistors. Mentionnons toutefois qu'à la suite de déboires de certains utilisateurs de circuits intégrés, la firme Analog Devices a cherché à sensibiliser les utilisateurs de ses composants intégrés de haute précision, aux effets pernecieux de l'usage dans les réseaux de contre-réaction de résistances ayant de mauvaises caractéristiques de stabilité thermique.

Dans l'expression qui donne la tension base-émetteur, l'influence de la température se fait sentir directement puisque  $T$  intervient dans la formule et indirectement à travers  $I_s$  qui varie avec la température.

$$\frac{dV_{BE}}{dT} =$$

$$\frac{mk}{q} \log \frac{I_E}{I_s} - \frac{mkT}{q} \frac{1}{I_s} \frac{dI_s}{dT}$$

$$\frac{dV_{BE}}{dT} = \frac{V_{BE}}{T} - \frac{mkT}{qI_s} \frac{dI_s}{dT}$$

Ce résultat est très intéressant : il montre qu'un bon offset initial pour une paire différentielle bipolaire conduit théoriquement à une excellente stabilité en température.

## Cas du différentiel à transistors à effet de champ

Pour les transistors à effet de champ, on sait aussi définir un offset lié aux caractéristiques des transistors même si on ne trouve pas une expression aussi simple. A cause de la très grande impédance d'entrée, les effets sur l'offset des impédances vues par les gates sont limités. Pour les variations de l'offset avec la température, on trouve :

$$\frac{dv_o}{dT} = 3,5 \cdot 10^{-3} \cdot ((V_{p1} - V_{p2}) - v_o)$$

où  $V_p$  est la tension de pincement des transistors à effet de champ

	Référence	$v_o$ $\mu V$	$\frac{dv_o}{dT}$ $\mu V/^\circ C$	$\frac{\Delta I_b}{I_b}$ %	$\frac{d\Delta I_b}{dT}$ $\mu A/^\circ C$
NPN	LM 194	25 typ (50 max.)	0,1	2	—
	MAT 02 A/E	10 typ (50 max)	0,1	2,5	40 typ (90 max)
	LM 394	25 typ (150 max)	0,3	4	—
	MAT 02 B/F	80 typ (150 max)	0,3	4	40 typ (150 max)
PNP	MAT 03 E	50 max	—	2	—
	MAT 03 A/F	150 max	—	4	—
	IT 130 A	1 000 max	3 max	15	—
	IT 130	2 000 max	5 max	26	—

Exemple de bonnes paires différentielles.

permettent une meilleure identité et une moins grande sensibilité aux gradients thermiques. Les progrès au niveau de la réalisation des masques (utilisation de longueurs d'onde plus courtes pour la photogravure et nouvelles résines photosensibles) ont permis une finesse de gravure accrue qui s'est traduite pour les circuits digitaux par une plus grande densité et pour les circuits analogiques par une meilleure maîtrise de la géométrie, donc des caractéristiques. Le remplacement des imprécisions de la diffusion gazeuse par la très grande précision du bombardement ionique qui sait régler très exactement la quantité et la profondeur des diffusions des dopants, permet de contrôler avec une grande rigueur les caractéristiques des jonctions. Malgré les très grands progrès qui en ont résulté pour les amplificateurs, cela nous vaut aussi la possibilité de disposer de paires différentielles de très bonne qualité, la figure n° 12 nous présente quelques modèles disponibles pour des circuits en éléments discrets (dont nos montages audio). La seconde manière de réduire l'offset est de jouer sur le schéma d'utilisation des paires différentielles. Nous avons vu que l'offset d'une chaîne amplificatrice est surtout déterminé par le premier étage et que la contribution des étages suivants était divisée par le gain des étages précédents.

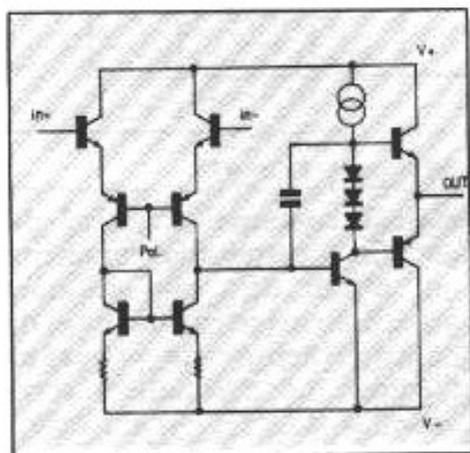


Fig. 13 : Schéma de principe du  $\mu A$  741.

La conclusion est simple : soigner l'offset différentiel et lui donner un gain très important. Nous avons vu dans un article consacré à la contre-réaction que cela simplifierait aussi les problèmes de stabilité.

Les figures nos 13 et 14 illustrent cette conception pour deux amplificateurs opérationnels intégrés. Le  $\mu A$  741 est un grand classique : son schéma est simple (nous parlons du schéma de principe, le schéma réel est beaucoup plus complexe pour tenir compte des limitations de réalisation des circuits intégrés) : un différentiel d'entrée qui combine paire NPN et paire PNP, un miroir de courant, un transistor monté en intégrateur qui transforme un signal en courant en un signal de sortie en tension et un étage suiveur à émetteur commun. Le premier étage présente donc un gain très

élevé et détermine les performances d'offset. L'offset vaut quelques mV : environ 1 mV en moyenne avec un maximum de 5 à 10 mV selon le tri après fabrication. La variation d'offset avec la température est d'environ  $15 \mu V/^\circ C$ . La différence entre les courants d'entrée va de quelques nA à quelques centaines de nA et la variation de cet écart est inférieure à  $1 nA/^\circ C$ .

L'OP-07 est un autre classique, mais en temps qu'amplificateur de précision. Plus récent, il présente de meilleures caractéristiques. Son schéma de principe est un peu plus complexe mais très voisin : un étage d'entrée avec un gain important attaque (via un étage suiveur d'isolation) un second étage de grand gain (avec miroir de courant) suivi d'un transistor intégrateur et de l'étage de sortie : en somme c'est presque un  $\mu A$  741 avec un étage d'entrée supplémentaire, mais les progrès des performances sont étonnants : l'offset est de quelques dizaines de  $\mu V$  avec une dérive inférieure au  $\mu V/^\circ C$ . On notera que les progrès sur l'offset (environ 100) sont plus grands que ceux sur la dérive d'offset (environ 10), cela est dû à des possibilités de réglage offerte par l'étage d'entrée additionnel, nous en reparlerons plus loin.

Les performances de courant d'entrée ont été grandement améliorées, mais le progrès

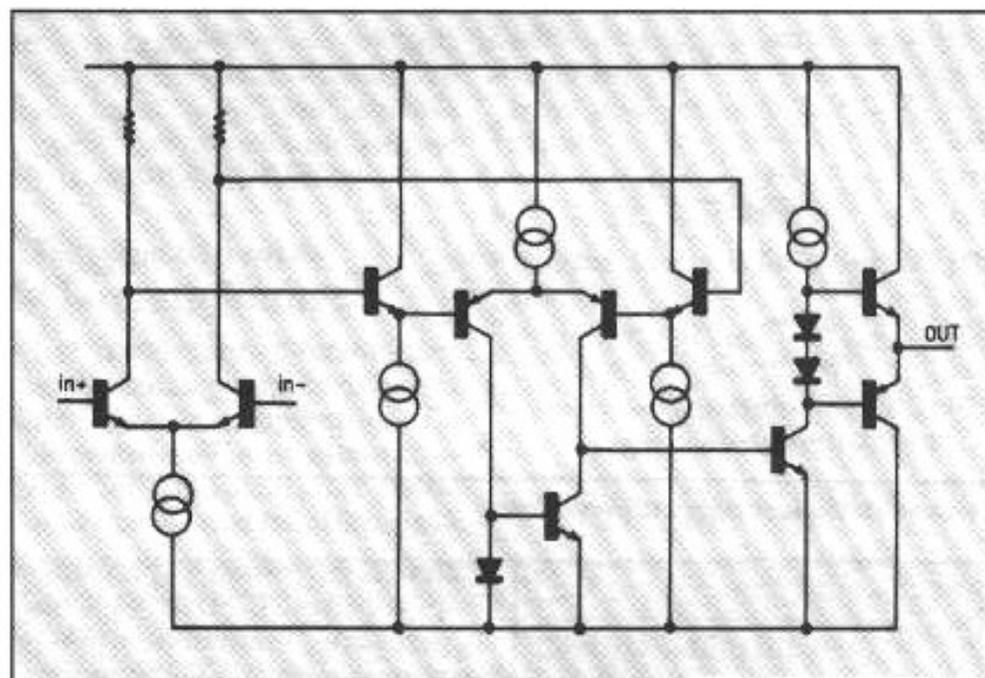


Fig. 14 : Schéma de principe de l'OP-07.

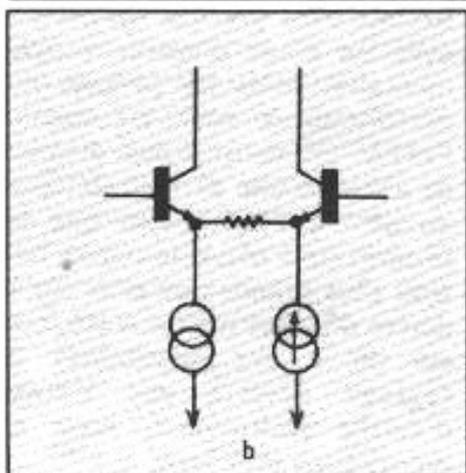
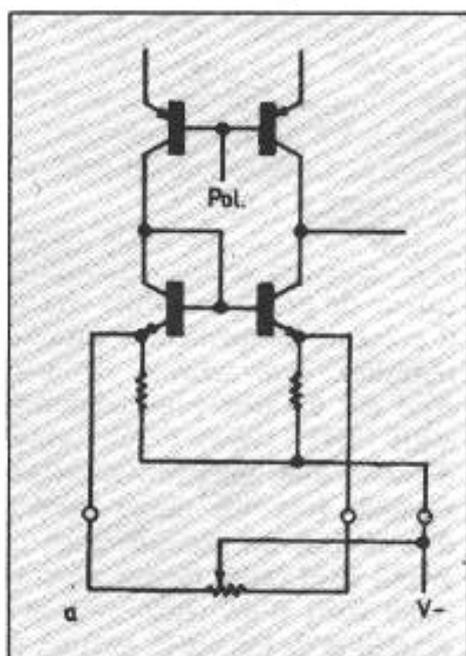


Fig. 15 : Réglages d'offset : a) pour le  $\mu A$  741, b) pour notre amplificateur.

majeur concerne la valeur du courant d'entrée (un paramètre qui n'était déjà plus critique) grâce à un astucieux montage de compensation du courant d'entrée. Le déséquilibre entre courants d'entrée est du même ordre de grandeur que le courant d'entrée lui-même : environ 1 nA ; la dérive en température de cet offset en courant est d'une dizaine de  $\mu A/^{\circ}C$ .

### L'offset pour l'utilisateur

L'utilisateur qui veut éviter l'offset doit prendre comme donnée de base l'offset des composants amplificateurs : paire différentielle d'entrée ou circuit amplificateur intégré. Le choix de ce composant est souvent le résultat d'un compromis entre les performances et le coût.

Une fois ce composant retenu, on peut essayer d'améliorer les performances d'offset du montage par un ajustement. L'ajustement le plus courant intervient dans la charge du premier étage. La figure n° 15 nous en montre deux exemples, l'un pour un montage en éléments discrets, l'autre pour un circuit intégré : le  $\mu A$  741 que nous avons vu plus haut. On peut en théorie réduire très fortement l'offset par ajustement

mais cette possibilité est un peu illusoire, elle est limitée par la résolution du moyen d'ajustage, par sa stabilité (effet de la température du vieillissement ou des vibrations) et par la stabilité de l'élément compensé (température et vieillissement). Ainsi, le très bon offset de l'OP-07 est partiellement obtenu grâce à un ajustage sur les résistances de charge du premier étage (au moyen de la technique du zener zapping — voir la figure n° 6 de notre article du n° 8 de L'Audioophile) ; cela se voit dans la valeur du coefficient de dérive thermique.

Vous avez sans doute l'impression que les dérives en température ne concernent pas les équipements audio. Malheureusement, aux variations de la température ambiante (pouvant atteindre une dizaine de degrés dans les conditions courantes — différences entre l'hiver et l'été en l'absence d'air conditionné) il faut ajouter les différences liées à l'environnement immédiat pouvant aller jusqu'à quelques dizaines de degrés (entre un matériel bien aéré et un matériel confiné avec d'autres équipements). Les variations de température et les coefficients thermiques ne doivent pas être ignorés en audio.

### Techniques classiques en audio

Dans le champ de l'audio, il n'y a pas de signal continu ; l'offset ne devrait pas être un problème. La figure n° 16 nous montre toutes les utilisations de condensateurs dans un amplificateur qui traite le continu, pour s'affranchir des problèmes de composante continue.  $C_1$  élimine la composante continue d'entrée,  $C_2$  l'élimine en sortie et  $C_3$  réduit le gain en continu. L'évolution des schémas d'amplificateur a vu avec l'apparition des différentiels d'entrée, des alimentations doubles et des réglages d'offset, la disparition

de  $C_2$  ;  $C_1$  et  $C_3$  ont eu aussi tendance à disparaître mais on les rencontre encore parfois.

## Nouvelles techniques

On a vu également apparaître des circuits actifs pour traiter les problèmes composante continue et ces nouveaux schémas nous furent présentés en leur temps comme la nouvelle panacée. Les figures nos 17 et 18 nous montrent les schémas qui se paraient des appellations pompeuses de « DC servo control » ou « Super servo ». Technics a même proposé un système d'asservissement thermique de la composante continue de sortie (voir la figure n° 19).

En fait le rôle de ces circuits

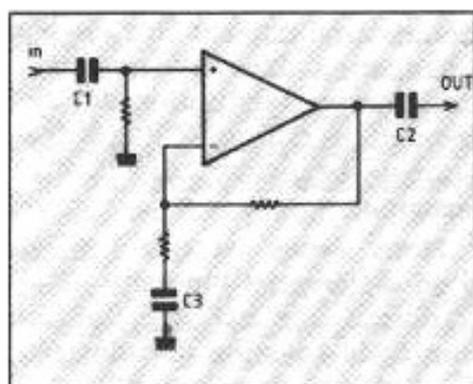


Fig. 16 : L'éradication du continu.

est voisin de celui de  $C_3$  de la figure 16. On obtient un filtrage actif aux fréquences très basses et en continu. Pour le continu cela revient, comme contre-réaction, à avoir un réseau de contre-réaction avec du gain :

$$\beta = A'$$

Mais comme l'amplificateur opérationnel utilisé pour cette contre-réaction active, a son propre offset ( $v'_o$ ), on a :

$$v = v_{in} - A' \cdot V - A' \cdot v'_o$$

Cela permet de calculer la fonction de transfert pour les très, très basses fréquences :

$$V = \frac{v_{in} - v_o - v'_o}{A'} + \frac{D(v)}{A \cdot A'}$$

Cette formule montre bien le résultat obtenu : la composante continue en sortie est très faible :

elle est constituée de l'offset, du circuit intégré de rebouclage en continu et de la composante continue du signal d'entrée divisée par le gain en boucle ouverte de ce circuit intégré. Le résultat recherché est atteint mais présente-t-il le moindre intérêt ?

## Une autre approche en audio

### Analyse théorique

Revenons sur une formule bien connue mais tragiquement mal interprétée dont on peut tirer deux lois capitales :

$$V = \frac{v_{in} - v_o}{\beta} + \frac{D(v)}{\beta \cdot A}$$

$D(v)$  et  $A$  ne dépendent pas de

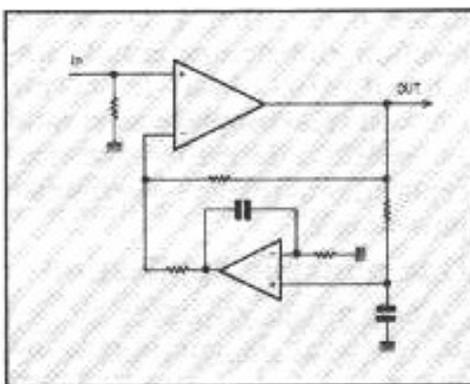


Fig. 18 : Circuit « Super Servo » d'Onkyo.

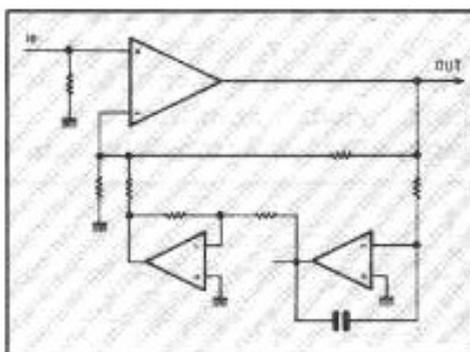


Fig. 17 : Circuit « DC Servo Control »

la contre-réaction ; on peut donc définir

$$d(v) = \frac{D(v)}{A}$$

la formule devient :

$$V = \frac{v_{in} - v_o + d(v)}{\beta}$$

On peut donc légitimement

écrire que de même que l'amplificateur est affligé d'un offset contre lequel la contre-réaction ne peut rien, il est victime d'une distorsion contre laquelle la contre-réaction ne peut rien : c'est ma première loi.

Un point intéressant est que cette distorsion d'entrée irréductible est fonction du signal d'entrée  $v$  ; calculons la valeur de  $v$  :

$$\begin{aligned} v &= v_{in} - \beta \cdot V \\ &= v_{in} - \beta \left( \frac{v_{in} - v_o + d(v)}{\beta} \right) \\ v &= v_o - d(v) \approx v_o \end{aligned}$$

Ma seconde loi est que cette distorsion est fonction de l'offset. Donc si l'offset varie, cette distorsion variera. Cet offset a de nombreuses origines, nous avons vu que l'offset d'une chaîne amplificatrice résulte des offsets de tous les étages (à des degrés divers, il est vrai). Parmi les causes de variation d'offset, on peut noter les dérives thermiques (habituellement on ne s'en soucie guère en dehors de l'étage d'entrée) et les variations des alimentations (tiens ! un vieux dada des audiophiles).

On notera que la réduction de la distorsion  $d(v)$  est possible par la réduction des variations de  $v$  dans la bande audio : si le gain  $A$  est important,  $v$  variera peu, donc la fonction de transfert en boucle ouverte ne sera explorée que sur une petite zone qui sera d'autant plus assimilable à une fraction linéaire qu'elle sera petite.

### Application pratique

On peut tirer de cette analyse plusieurs règles pour lutter contre la distorsion dans les montages audio : tout d'abord il ne faut pas avoir peur de la contre-réaction qui permet de réduire la distorsion, mais être conscient de ses limites. Ensuite, pour bien utiliser cette contre-réaction (nous avons vu qu'elle liait offset et distorsion) il faut maîtriser l'offset et empêcher ses varia-

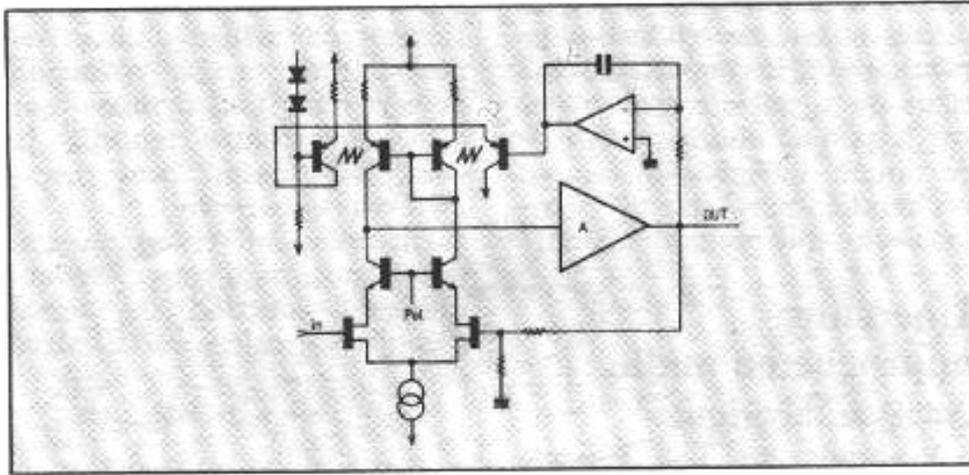


Fig. 19 : Elimination du continu en sortie.

tions : maîtrisez l'offset, ce n'est pas comme le prônent les « super-cerveaux », contrôler la composante continue en sortie, mais gérer la polarisation en continu des différents étages amplificateurs et surtout du premier étage si critique.

Avec notre amplificateur amplement présenté dans ces colonnes, vous avez vu une première application de ces concepts : beaucoup de contre-réaction, dans chaque étage (associée à un peu de compensation) et dans deux boucles. Pour l'offset, chasse à la distorsion thermique à tous les étages pour les transistors critiques, stabilisation des alimentations qui jouent directement sur la composante continue du signal dans chaque étage, inclusion des étages de

puissance (plus sujets à dérive thermique que les étages bas niveau à cause des tensions et des puissances mises en jeu) dans une boucle de contre-réaction locale pour offrir à la contre-réaction globale une grande stabilité d'offset. Mais le schéma total est très complexe alors qu'il est possible de mettre nos concepts en œuvre dans un contexte plus simple.

### Une nouvelle application

On pourrait envisager au lieu de renforcer la contre-réaction en continu (nous avons vu à quel contre-sens était dû cette démarche), au contraire de limiter l'action de la contre-réaction à la bande audio et retrouver un des avantages insoupçonnés des bons vieux amplificateurs à tubes avec leurs transformateurs

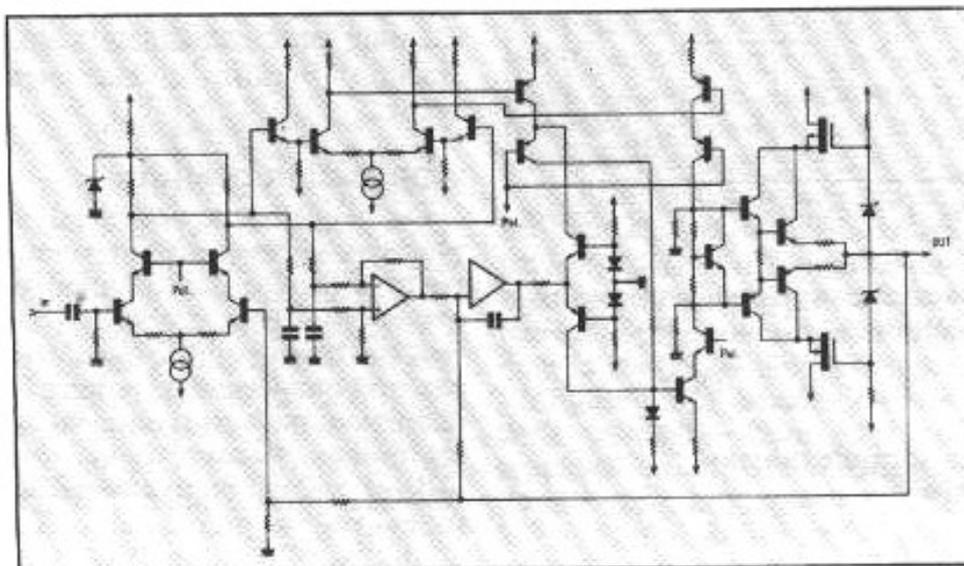


Fig. 20 : Schéma de principe envisagé.

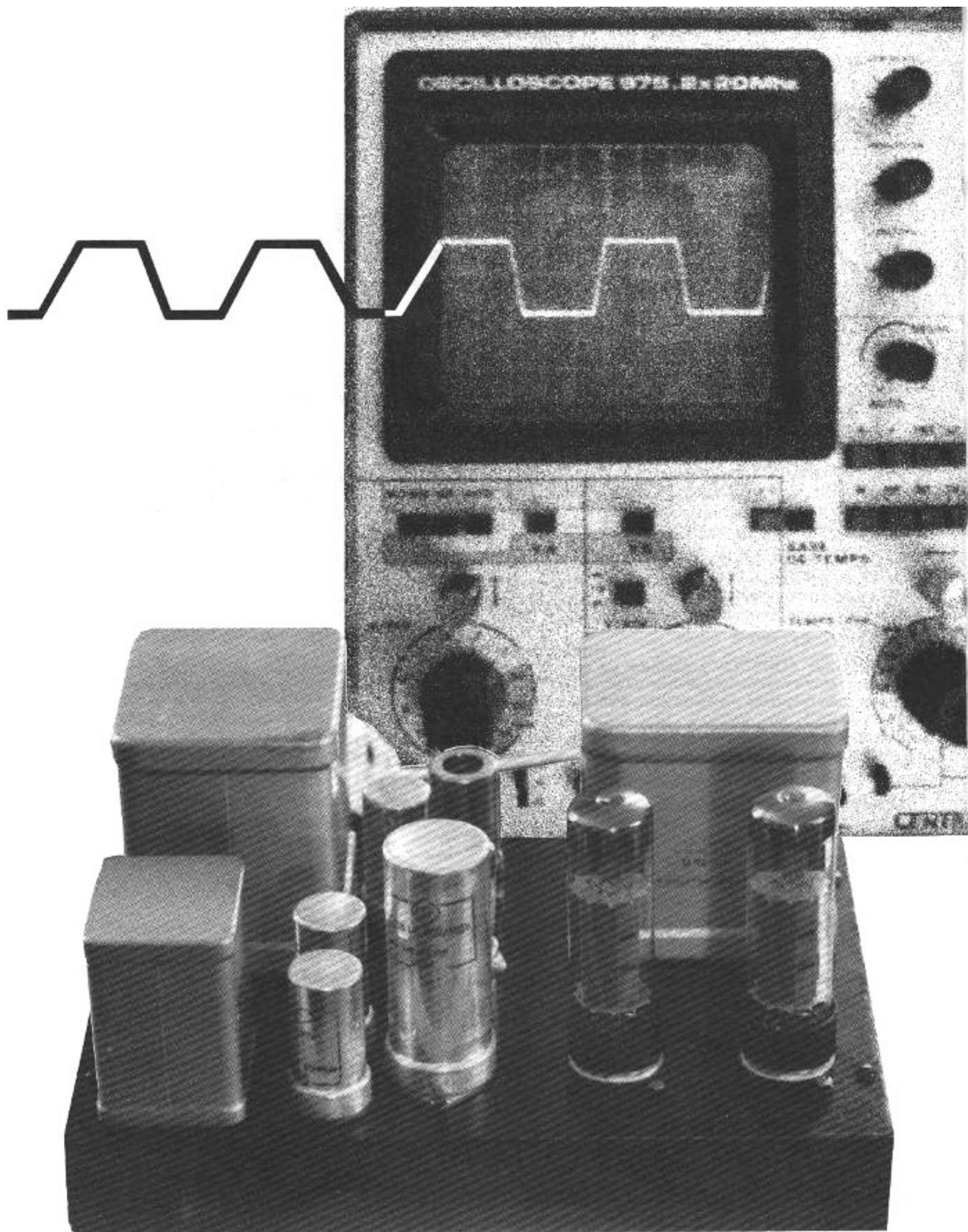
de sortie. En combinant cette disposition avec un étage d'entrée sans distorsion thermique (montage cascade par exemple) et un bon condensateur à l'entrée, on pourrait obtenir des distorsions bien stables et donc mieux tolérées par notre système perceptif.

Mais il est difficile dans ces conditions d'avoir un taux de contre-réaction important, et nous envisageons une autre stratégie.

Le schéma de la figure n° 20 en donne le schéma de principe : la structure générale est très classique, mais quelques petites originalités devraient changer beaucoup de choses. D'une manière générale, les points susceptibles d'introduire des variations de polarisation doivent être soignés (dissipation dans les transistors critiques et stabilisation des alimentations critiques), il faut également beaucoup de contre-réaction.

Nous avons vu que l'offset d'un différentiel bipolaire ne se traduisait que par une translation de la fonction de transfert. Si l'offset de l'amplificateur n'est dû qu'à celui du différentiel d'entrée, la contre-réaction ramènera naturellement le point de polarisation au point d'inversion où la distorsion est minimale. Pour obtenir ce résultat et stabiliser l'offset des étages de sortie, l'aide de circuits intégrés avec un faible offset me semble intéressante : autant pour les signaux audio, je suis sceptique sur leur bon usage, autant pour les signaux très basses fréquences des dérives thermiques, ils doivent être bons. Ajoutons une capacité à l'entrée pour éviter une composante continue superposée au signal d'entrée et le différentiel d'entrée fonctionnera dans de bonnes conditions sans problèmes d'offset. Si un tel schéma donne les résultats subjectifs escomptés, cela devrait faire une bonne réalisation personnelle.

**Page non  
disponible**



- Réalisation personnelle -

## BLOCS MONO A TUBES

*Michel Leluaux*

**L**

*es électroniques à tubes en 1991 ne se sont jamais si bien portées ! Il faut bien reconnaître que leurs qualités musicale, dynamique, globalement meilleures que celles des électroniques à transistors « classiques », tentent beaucoup d'audiophiles. Faisant partie de ces derniers, je propose la réalisation de blocs monophoniques de 25 W dans un montage « ultra-linéaire » à base d'un push-pull EL 34. Un second article pourrait être la réalisation de blocs monophoniques classe A de 6 W n'utilisant qu'une seule EL 34 en montage triode pour la voie aiguë.*

Pour obtenir 25-30 W avec un push-pull EL 34, plusieurs schémas ont été publiés. On retrouve dans d'anciennes notices les montages Loyez, Williamson, Mullard, Philips, etc., chacun avec ses propres avantages et inconvénients de mise au point ou de réalisation. Certains sont à polarisation automatique de cathode, d'autres avec une polarisation fixe qui nécessite une alimentation négative supplémentaire. Comme tous ces montages travaillent en classe AB, il est impératif d'avoir recours à un étage déphaseur. Là encore, plusieurs solutions sont possibles : déphaseur cathodique, para-

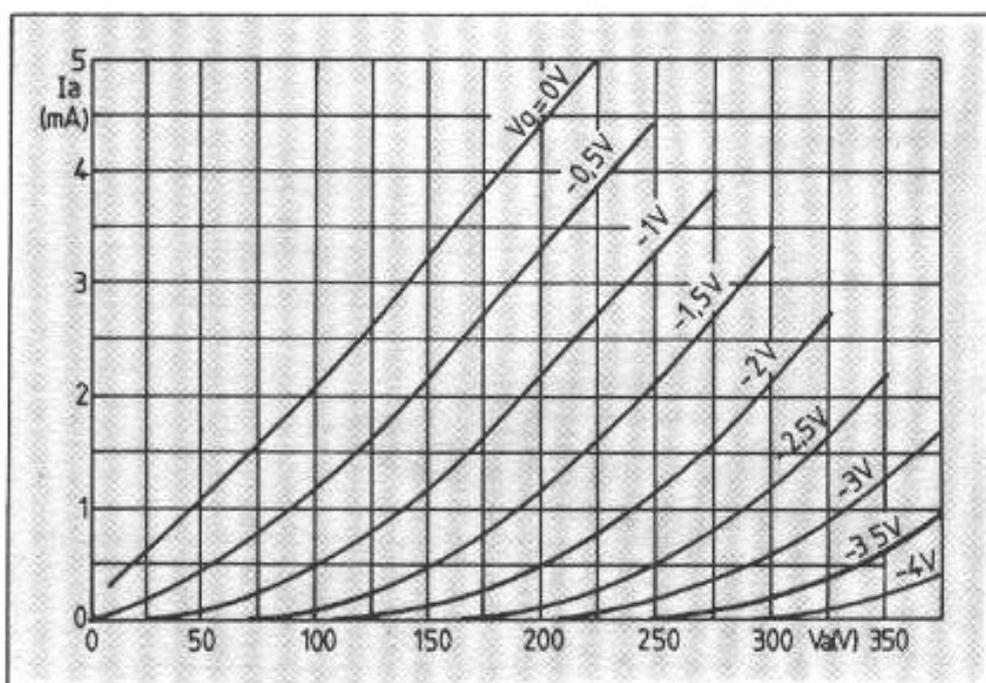
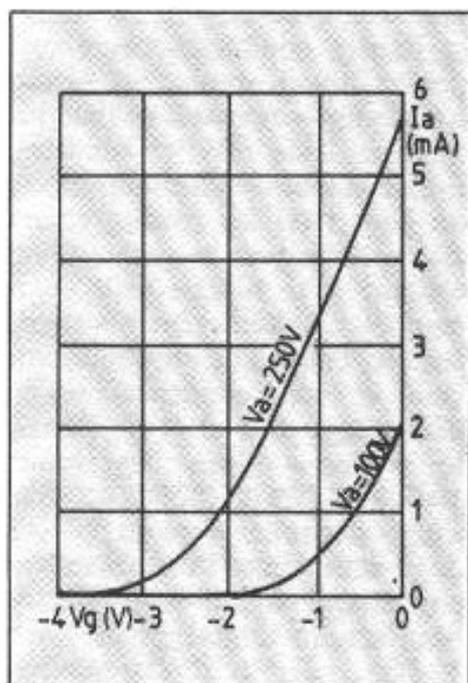
phase, à transformateur ou de Schmidt. Le travail en classe A de la version 6 W simplifiée à ce niveau les choses. Pour l'étage d'entrée, on trouve soit des doubles triodes ou bien des petites pentodes faible bruit. Pour l'alimentation : à valves, à diodes silicium en doubleur de tension ou simple selon le transformateur que l'on souhaite utiliser.

En large bande, il vaut mieux utiliser une alimentation à diodes pour une meilleure tenue. En utilisation multi-amplifiée médiums-aigus un redressement à valves du type GZ 32, disponible de nos jours, est souhaitable.

### Choix du schéma

J'ai opté pour le schéma Mullard pour la réalisation de ces blocs monophoniques. L'étage d'entrée est simple et utilise une EF 86 blindée électriquement (mise à la masse des écrans 2 et 7) et mécaniquement par un capot pour se prémunir éventuellement contre les fuites magnétiques du transformateur l'alimentation. Le déphaseur, du type de Schmidt, nécessite l'emploi de composants de qualité, surtout au niveau du condensateur de 0,5 mF/630 V. Ce déphaseur utilise une double triode du type 12AX7 qu'il sera impératif de



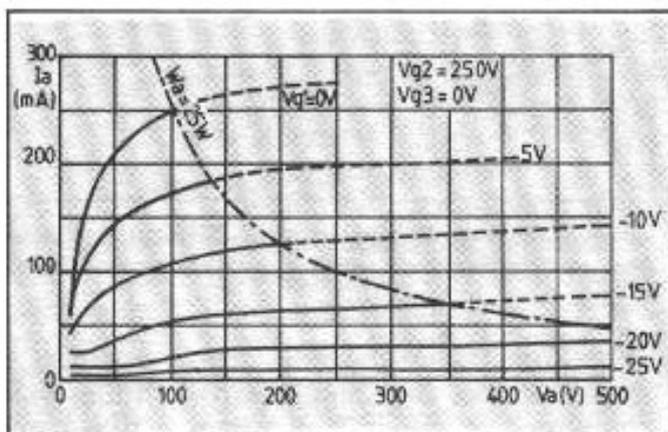


Caractéristiques tension plaque/courant plaque/ polarisation grille du tube ECC83/12AX7.

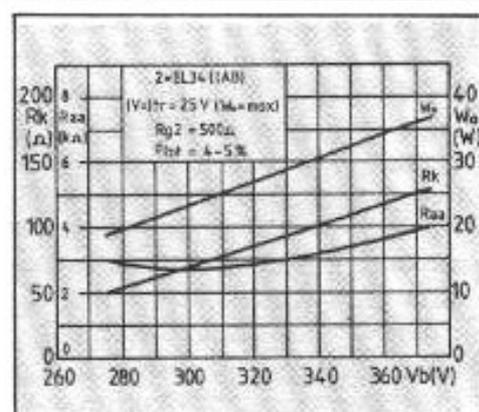
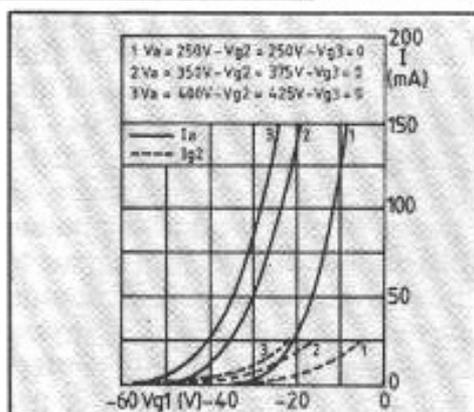
### Caractéristiques du tube EL34

Utilisation en push-pull classe AB

Tension d'alimentation	375 V	375 V
Tension anodique	355 V	350 V
Courant anodique	150 mA	190 mA
Courant de grille G2	23 mA	45 mA
Résistance de grille G2	2 kΩ	2 kΩ
Résistance de cathode	470 Ω	470 Ω
Résistance de charge	3,4 kΩ	3,4 kΩ
Tension G1 ca	0	21 V eff
Puissance de sortie	0	35 W
Distorsion	-	5 %



est pratiquement disponible chez tous les revendeurs de tubes électroniques et Millerioux fournit les transformateurs d'alimentation adaptés à cet usage (A 3124B, F 3266B, F 3209B). Dans notre cas, la difficulté sera de trouver des condensateurs haute tension à vis avec boîtier isolé de la masse car, en doubleur Latour, la tension sera de près de 450 V à la mise en service des blocs. Heureusement, C.E.F. fabrique encore une série de capacités haute tension en 450 V et un seul en 500 V. Le transformateur d'alimentation et la self de filtrage portent respectivement les références A 3121B et B474B. Ce transformateur fournit 160 mA sous 415 V et a donc une puissance modeste de 100 VA. La self a pour valeur



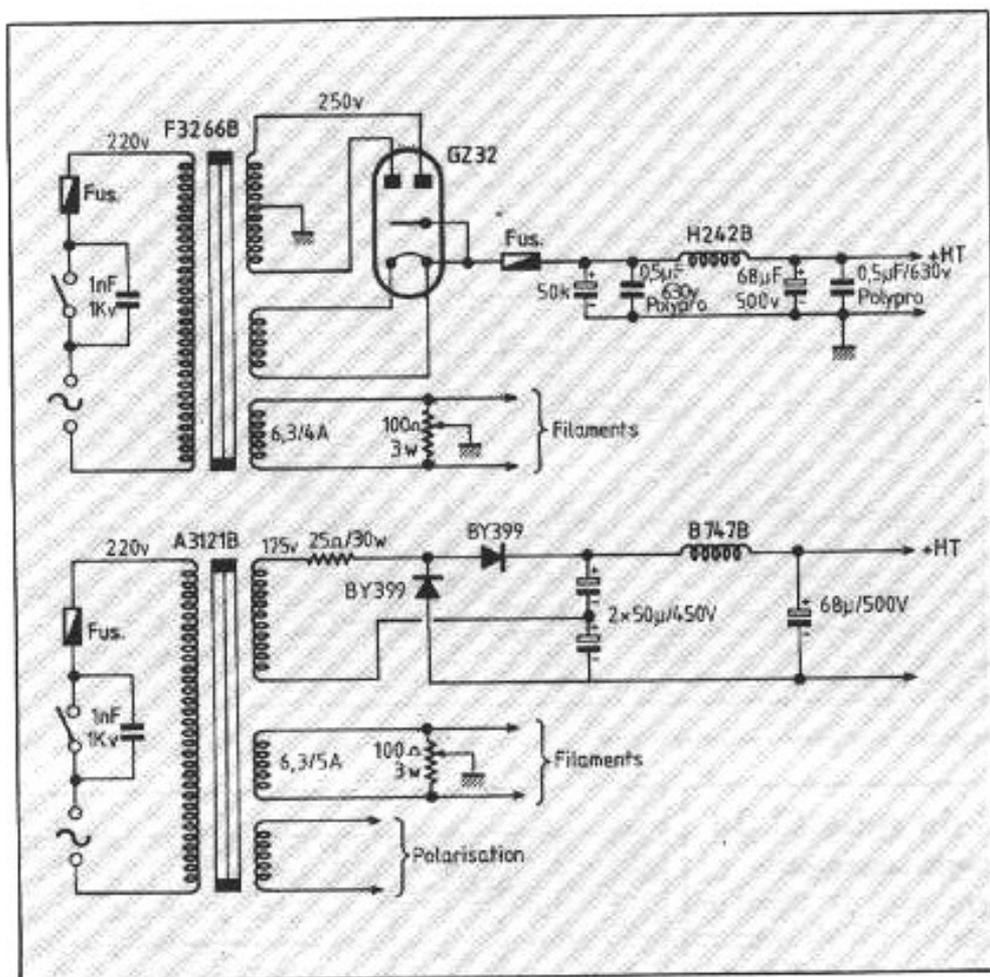
Caractéristiques du tube EL34.

nominale 3 henrys sous 200 mA et 150 Ω de résistance.

### Réalisation

Le châssis a été débité dans du profilé d'aluminium et ses dimensions sont de 198 mm par 265 mm sous une épaisseur de 4 mm, le tout étant anodisé.

(Attention à bien gratter le châssis pour le seul point de masse qui sera la prise cinch d'entrée.) L'implantation des composants sur le châssis est donnée avec les cotes en millimètres. Cette disposition doit être la plus logique possible pour avoir des liaisons les plus courtes, pour



Alimentation de l'amplificateur. En haut, redressement par valve GZ32. En bas, par doubleur de tension avec diode au silicium.

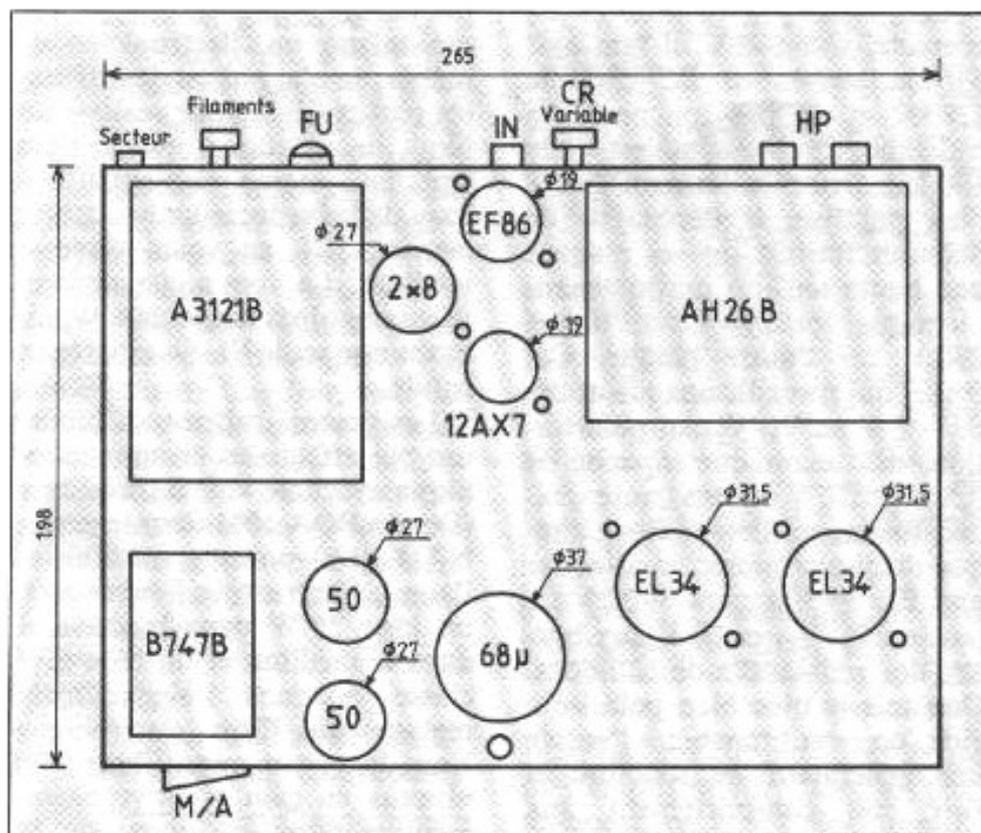
éviter un échauffement trop important des capacités électrochimiques et aussi le rayonnement magnétique du transformateur d'alimentation. C'est pour cette raison que l'on blinde le tube d'entrée EF 86 sous un capot. Une autre implantation que celle proposée est en cours de réalisation pour optimiser encore mieux des paramètres cités plus haut.

Une fois le traçage effectué, il faudra passer au perçage et à l'usinage à la lime et petites meules. Les deux côtés du châssis sont en chêne avec deux évidements pour le transport des blocs. Le châssis étant terminé, il faut le dégraisser et lui appliquer deux couches de peinture noire. J'ai utilisé, pour cette finition, une peinture conditionnée en bombe qui facilite le travail et ne coule pas. Une fois le châssis sec, on peut placer les deux transfor-

mateurs, la self, les supports de tubes en stéatite triple lyre (qui se fixent sous le châssis), le cordon secteur et son passe-fil, le potentiomètre de 100 Ω/3 W des filaments, le porte-fusibles ainsi que les deux bornes bananes de 4 mm de diamètre, la fiche d'entrée cinch (sans oublier de gratter le châssis pour une bonne mise à la masse) et, enfin, sur la face avant du châssis le bouton de mise sous tension avec voyant incorporé. Il faut ensuite confectionner — si on ne les trouve pas dans le commerce — des rondelles (faites en bakélite, dans ma réalisation) pour isoler les condensateurs électrochimiques du châssis à cause, d'une part du doubleur de tension et aussi pour des raisons de sécurité (415 V, cela chatouille !). Une des rondelles (celle destinée au condensateur de sortie du doubleur 68 µF/500 V) aura un côté iso-

lant, celui tourné vers le châssis et l'autre conducteur et étamé pour pouvoir souder un fil qui ira à la ligne de masse de l'amplificateur. Une fois les rondelles isolantes trouvées ou fabriquées, on peut fixer les condensateurs électrochimiques au châssis. Le câblage à ce niveau peut commencer. Câbler la partie secteur, fusible, bouton de mise sous tension et son condensateur de découplage de 5 nF/1 kV (limite le « cloc » dans les haut-parleurs). Puis câbler les filaments des tubes avec du Scindex de 1 mm<sup>2</sup> que l'on torsadera ensuite (ne pas oublier le potentiomètre de limitation de bruit 50 Hz). Les fils d'alimentation des filaments sont ensuite tenus par des serre-câbles. La photo 2 montre les détails à ce niveau de réalisation des blocs.

On place ensuite les shunts sur les tubes EF 86 et 12AX7, tout cela en Lily de 1 mm<sup>2</sup>. On peut voir sur la photo 2 la résistance de 25 Ω/30 W qui protège les diodes au silicium à la mise sous tension. La ligne de masse est faite de cuivre de 4 mm<sup>2</sup> de diamètre et ne comporte aucune boucle et un seul point de mise à la masse au châssis par la prise cinch d'entrée. Commencer après le câblage du doubleur Latour, prendre la sortie 175 V du transformateur d'alimentation. Comme nous avons mis des rondelles isolantes sous les électrochimiques, aucun problème ne doit se rencontrer pour câbler le doubleur au niveau des deux 50 µF/450 V. Pour 68 µF/500 V de sortie du doubleur, on va souder un câble de bonne section sur la rondelle du condensateur, le faire traverser le châssis par un trou prévu à cet effet et le souder sur la ligne de masse en cuivre. Amenez la haute tension 415 V au transformateur de sortie au point marqué + et à la résistance de 15 kΩ qui fournira les 385 V en sortie pour alimenter les plaques du déphaseur de Schmidt via le double condensateur.



Disposition des composants sur le châssis.

teur électrochimique de  $2 \times 8 \mu\text{F}/450 \text{ V}$  qui affine la régulation de l'étage d'entrée qui travaille sous 160 V. A ce stade seulement, on peut mettre en place les composants passifs. Commencer par le tube d'entrée et ses périphériques, ensuite ceux du déphaseur et enfin ceux des tubes de sortie. Tous les condensateurs de  $33 \mu\text{F}/40 \text{ V}$  sont de type CTS13 tantale solide. Les condensateurs de liaison  $0,5 \mu\text{F}/630 \text{ V}$  sont des RTC ou ITT : ils doivent être de très haute qualité. Le  $47 \text{ pF}$  ainsi que le  $0,05 \mu\text{F}$  sont au polypropylène. Toutes les résistances sont à couche en 1 W, sauf celles des cathodes des tubes EL 34 qui sont en  $470 \Omega/3 \text{ W}$ . Ne pas oublier de relier les bornes 2 et 7 du tube d'entrée EF 86 à la masse.

## A propos de la contre-réaction

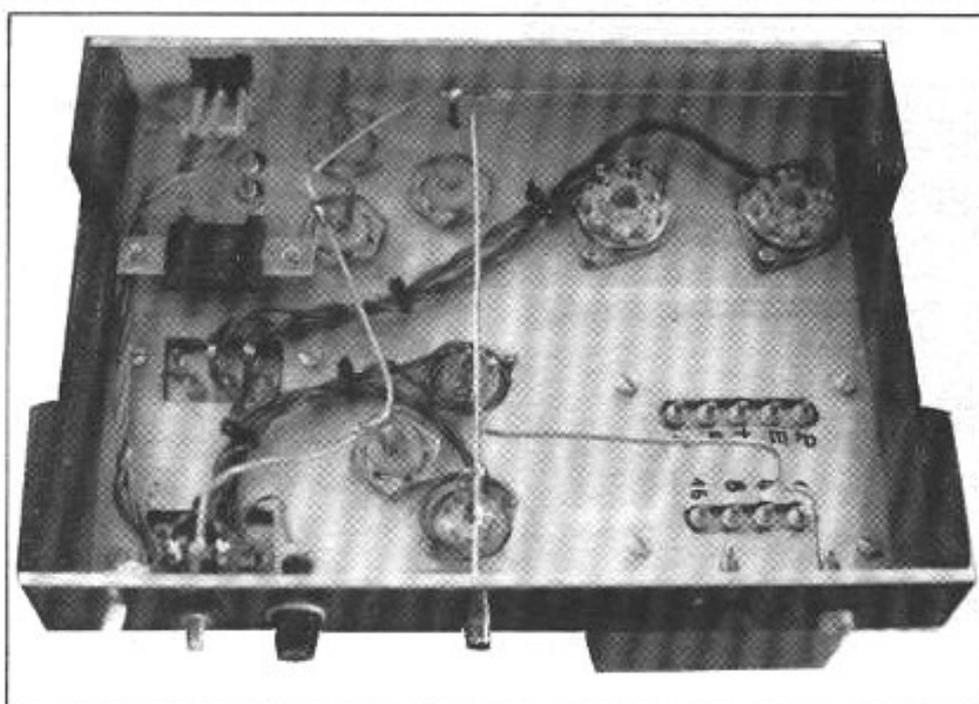
J'ai personnellement effectué sur un de ces blocs monophoniques une contre-réaction à taux

variable et c'est fabuleux pour l'optimiser avec le système à écouter. C'est beaucoup plus souple et chacun, en fonction de son système d'écoute, peut donc régler la contre-réaction pour obtenir le meilleur « compromis » dynamique / souffle / définition. Sinon, pour une

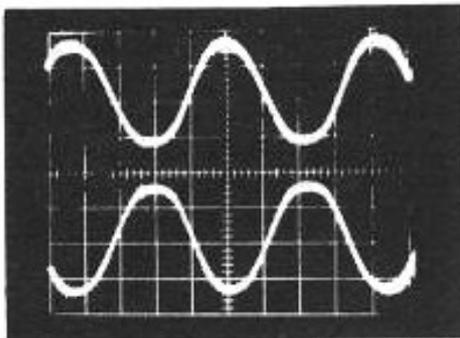
contre-réaction à taux fixe, il faut se baser sur les notices techniques de Millerieux qui propose, pour un montage ultraléaire avec un transformateur de sortie AH26B, une valeur de résistance comprise entre 8 et  $15 \text{ k}\Omega$ . Sur les amplificateurs déjà réalisés avec un taux fixe, j'ai mis  $9,8 \text{ k}\Omega$  avec  $350 \text{ pF}$  en parallèle pour améliorer le temps de réponse sur signal carré.

## Mise au point

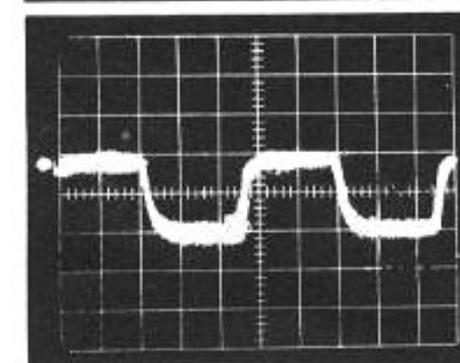
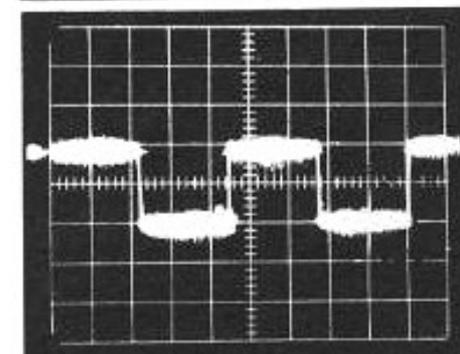
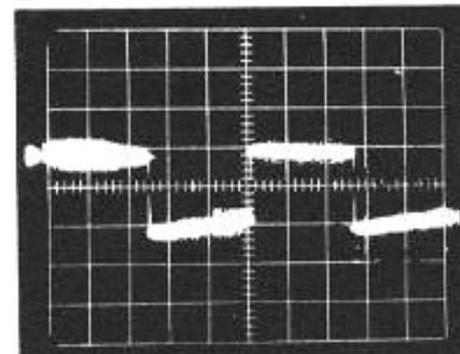
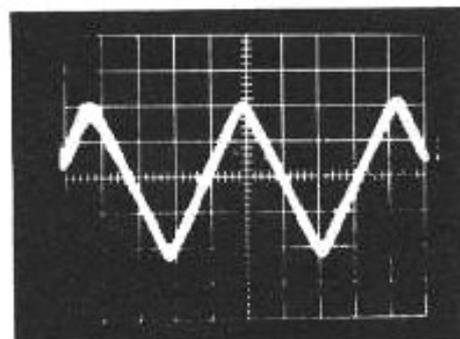
Pour la mise au point de ces blocs monophoniques, il faut se reporter au schéma de principe où sont indiquées les tensions de références à obtenir. Pour régler les blocs, au niveau des polarisations, brancher une charge de  $8 \Omega/50 \text{ W}$  en sortie et mettre sous tension sans signal en entrée. On doit obtenir une haute tension de 415 V en sortie du doubleur Latour, 408 V sur les plaques des tubes EL 34 si le montage est bien appairé (composants : tubes et résistances). En fonction du tube d'entrée que l'on va utiliser (EF 86), il faut le faire travailler dans une bonne zone (se reporter aux figures 1 et 2) et donc obtenir une polarisation de  $V_k/V_{g1}$  la plus près de  $-2 \text{ V}$ . Pour arriver à cette



Câblage : alimentation, ligne de masse, filaments et shunts.



Forme de signaux à la sortie du déphaseur de Schmidt (A) et forme de l'écrêtage à 1 kHz.



Formes des signaux triangulaires et carrés (40 Hz, 1 kHz et 10 kHz).

bonne valeur, si la tension est correcte, soit 160 V, il faut agir sur la résistance de cathode 1,8 k $\Omega$  et ne pas toucher à la résistance de charge qui est ici de 100 k $\Omega$ . Une fois l'étage d'entrée bien polarisé, le déphaseur de Schmidt fournit sur ses plaques une haute tension pratiquement identique, soit 294 V sur l'une et 296 V sur l'autre plaque. Cet étage, qui travaille aux alentours de -2 V en  $V_k/V_{g1}$  en polarisation, doit avoir une capacité de 0,5 mF/630 V de très haute qualité. Enfin, sur l'étage final, chaque demi-alternance va attaquer une EL 34 qui aura -27 V de tension  $V_k/V_{g1}$  et 30 V aux bornes des résistances de cathodes. Une fois le bloc bien polarisé à vide, on peut brancher à l'entrée un générateur de fonction et voir son comportement aux signaux carrés à 40 Hz, 1 kHz et 10 kHz. Le déphaseur se règle en signal sinus pour voir sa parfaite symétrie et l'écrêtage se mesure avec un signal triangle. Se reporter aux photographies des oscillogrammes obtenus aux différentes fréquences.

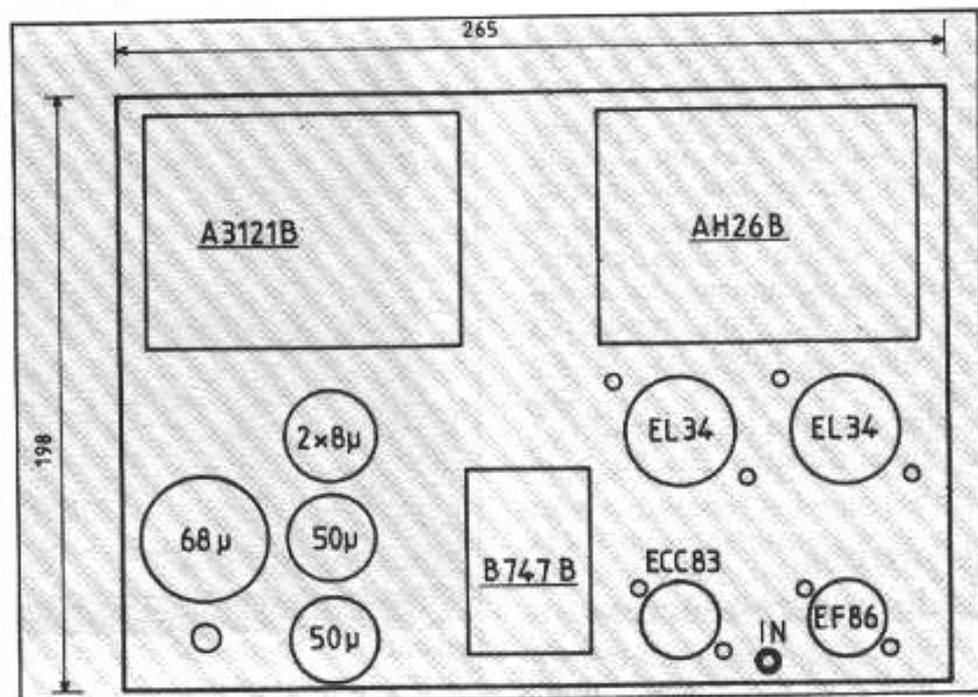
## Conclusion

Assez simple à effectuer, Voici la réalisation de ces blocs mono-

phoniques terminée. N'étant pas moi-même un électronicien de métier, je n'ai pas eu de difficultés particulières pour réaliser ces blocs de puissance que j'utilise dans un système multi-amplifié à base de transducteurs haute rendement JBL en voies grave et médium. La voie aiguë est confiée à des blocs mono de 6 W utilisant une seule EL 34 montée en triode.

Les comparaisons d'écoute ont été effectuées en monophonique avec une voie à transistors (Denon POA 1001 pour le grave, NAD 2140 pour le médium et l'aigu), l'autre voie à tubes avec un bloc 25 W dans le grave et dans le médium et un bloc 6 W classe A dans l'aigu. Après réglage du filtre électronique Kanéda pour équilibrer les niveaux en gain et en recouplement et donc en jouant sur la balance du préamplificateur, on écoute, dans ces conditions, la voie tubes et la voie transistors. Les résultats d'écoute se passent de commentaires mais il ne faut pas avoir peur de manier la lime et le fer à souder... cela en vaut la peine.

## Evolution et concept audiophile



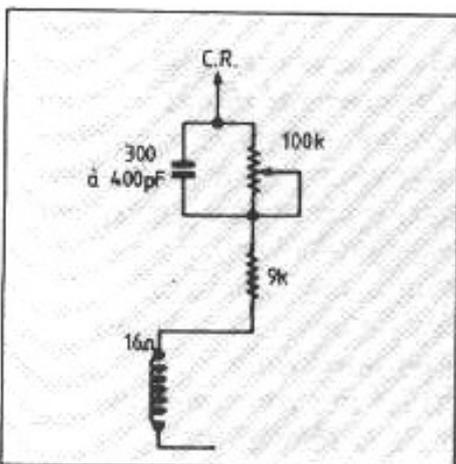
Evolution audiophile du châssis.

## Le schéma de principe

Une fois les blocs mono bien réglés avec et sans signal à l'entrée, on peut améliorer ces amplis en choisissant des composants haut de gamme que la Maison de L'Audiophile propose à des prix vraiment compétitifs : remplacement des résistances à couche par des tantale solide (sauf celles de puissance)... ; et surtout encore une fois, remplacement des capacités de liaisons haute tension par des versions professionnelles (A.T.C., Siemens) ou mieux au polypropylène. Toutes les performances auditives de ces blocs n'en seront qu'améliorées.

## Le châssis

Je propose un autre choix d'implantation des composants

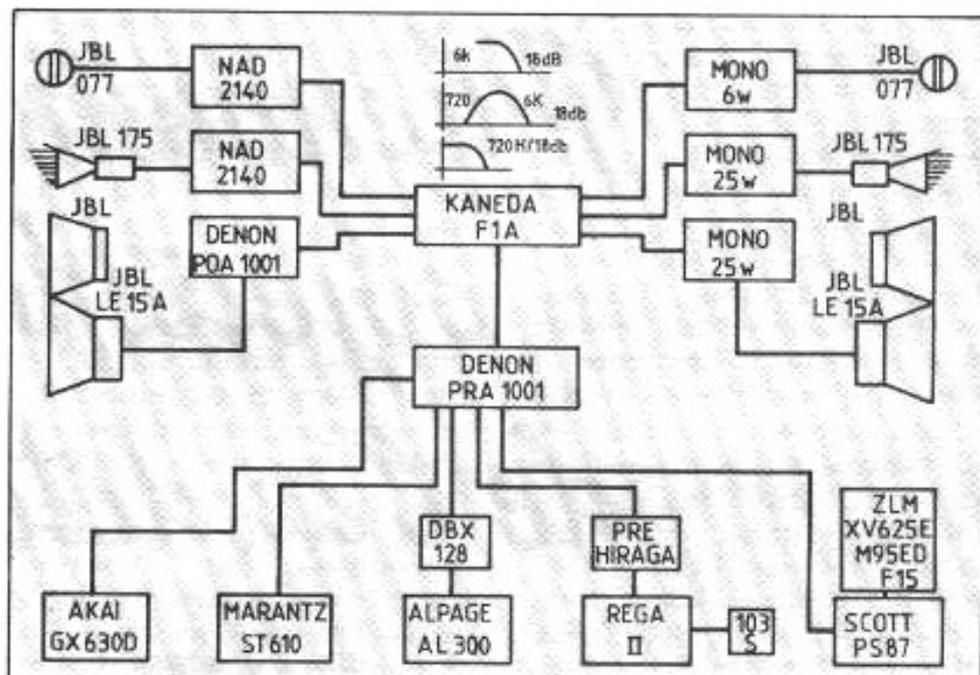


Valeurs utilisées pour le réseau de contre-réaction.

sur le châssis par celle notée « évolution Audiophile ». En effet, plus le tube d'entrée EF 86 sera éloigné des perturbations du transformateur d'alimentation, meilleur sera le rapport signal/bruit. De plus, pour la longévité de capacités électrochimiques, les éloigner des tubes est très bénéfique car l'échauffement est moindre.

## L'alimentation

C'est là que les améliorations seront, à l'écoute, les plus évidentes. En effet, pour ceux qui ne regardent pas (leur portefeuille), on peut vraiment faire beaucoup mieux. 1°) A savoir :



Synoptique de l'installation.

faire un bloc alimentation séparé de l'amplificateur. Donc un bloc alimentation et un bloc amplificateur monophonique. 2°) Remplacer les capacités électrochimiques par des versions 630 V polypropylène. Dans ce cas, bien repérer la phase de l'alimentation secteur.

## La contre-réaction

L'idéal serait de travailler sans contre-réaction... le nec plus ultra. J'avoue ne pas y être parvenu. Ou le montage n'est pas stable et oscille, ou le rapport signal/bruit se dégrade trop pour une version audiophile. Alors, j'ai effectué sur ces blocs une contre-réaction « réglable » en fonction du système à écouter. En effet, rien n'empêche de remplacer la résistance de 8 kΩ à 15 kΩ par un potentiomètre avec une résistance tampon minimale de 9 kΩ par exemple pour éviter les problèmes cités plus haut. De ce fait, avec un montage potentiomètre de 100 kΩ, on parvient à affiner le réglage de la contre-réaction.

## Utilisation en large bande

La version présentée a été développée pour une application

en voie médium dans un système multi-amplifié. En large bande, voici les modifications qui peuvent être apportées, principalement pour étendre la bande dans le haut du spectre :

— suppression du réseau RC du tube d'entrée EF 86 47 pF / 4,7 kΩ ;

— diminution de la capacité du réseau de contre-réaction : 47 pF au lieu de 300 pF ;

— mise en place d'une CR réglable comme indiqué précédemment (potentiomètre de 100 kΩ série avec 10 kΩ, l'ensemble en parallèle sur la capacité de 47 pF) ;

— découplage des capacités de cathode et d'alimentation par des 2,2 μF / 400 V de qualité.

Le temps de montée s'en trouve considérablement amélioré (4 μs à 10 kHz).

## Bibliographie

« Initiation aux amplis à tubes » de Jean Hiraga, éd. Fréquences.

« L'Audiophile » n°s 23, 36, 37 et 38 : articles de MM. Treillet, Lienhard, Marec, Blessois et Walther.

« Caractéristiques Officielles des Tubes Basse Fréquence », par Mazda.

# Phénomènes objectifs de l'audition

Jacky Mas



près avoir résumé les éléments essentiels de physique acoustique, nous abordons aujourd'hui la biophysique sensorielle à proprement parler.

Pour des raisons didactiques, il nous a semblé qu'il était préférable, cette fois encore, de faire quelques rappels d'anatomie et de physiologie. Cet article présente des éléments connus de longue date (sur les théories de l'audition en particulier) mais expose également des résultats récents (certains ont été publiés l'an dernier seulement).

Bien entendu, il est impossible en quelques pages d'être tout à fait exhaustif, mais tel n'est pas le but recherché, et nous avons privilégié les éléments importants en passant sous silence certains détails, anatomiques en particulier, dont la connaissance n'apporte rien de plus à la compréhension des phénomènes et complique singulièrement l'exposé. L'étage neuronal de la perception est encore très mal connu, alors plutôt que de présenter les nombreuses théories en présence, la plupart restant du domaine de la spéculation intellectuelle, nous avons délibérément omis d'y faire référence.

## Anatomie de l'oreille

Sans entrer dans les détails anatomiques du capteur acoustique que constitue l'oreille (figure 1), il nous faut rappeler que l'appareil auditif se divise en trois parties :

1. l'oreille externe comprenant le pavillon et le conduit auditif externe ;
2. séparée de la précédente par le tympan, l'oreille moyenne, qui est une cavité (caisse du tympan) contenant les osselets (marteau, enclume et étrier), et
3. l'oreille interne ou labyrinthe

qui est un ensemble complexe de cavités osseuses creusées dans l'os temporal. Dans l'une de ces cavités se trouve le canal cochléaire renfermant l'appareil de Corti, organe de l'audition où prend naissance le nerf auditif qui transmet le signal au cerveau.

L'oreille externe est, chez de nombreux animaux, chargée de collecter les ondes sonores. Elle est donc mobile, ce qui permet son orientation en direction de la source sonore. Chez l'homme, le pavillon a un rôle beaucoup plus réduit, mais incontestable puis-

que l'obstruction de ses sinuosités diminue l'audition et que l'utilisation d'un entonnoir ou d'un cornet permet de concentrer encore davantage le son. L'application de ce dernier principe a d'ailleurs constitué l'un des premiers moyens de lutte contre la surdité. Le conduit auditif externe mesure environ 2,5 cm et agit comme un résonateur pour les fréquences de 3 000 à 4 000 Hz. Le tympan constitue l'interface entre l'oreille externe et moyenne. C'est une membrane de 1 cm de diamètre et d'environ 0,1 mm d'épaisseur,

mise en vibration par les ondes aériennes. Au-delà du tympan, les vibrations vont être transmises par des milieux solides et liquides : les osselets et les fluides labyrinthiques. La tension de cette membrane n'est pas homogène sur toute sa surface, c'est ce qui permettrait à chaque secteur de répondre à des fréquences données. Jusqu'à 2 000 Hz, le tympan se déplace en bloc de façon proportionnelle à la pression acoustique. Il existe des sécurités pour les vibrations trop intenses : ce sont les muscles du marteau et de l'étrier qui font varier la tension du tympan (il existe d'autres sécurités à l'étage nerveux). Pour assurer une sensibilité optimale, la pression de la cavité tympanique est maintenue égale à la pression atmosphérique

en provenance d'un milieu gazeux vers un milieu liquidien. Sans cette adaptation d'impédance, l'onde sonore aérienne serait presque totalement réfléchie par l'interface air-eau. Enfin, il faut noter que la suppression de ces osselets entraîne une perte auditive d'environ 30 dB.

L'oreille interne code le message sonore qui est ensuite transmis par les voies nerveuses de l'audition vers le cortex cérébral. La fenêtre ovale constitue le premier élément de cette oreille interne et fait communiquer l'oreille moyenne avec le labyrinthe, cavité en forme de limaçon, remplie de liquide (voir figure 2). La membrane basilaire et la membrane de Reissner constituent un canal : la cochlée. Celle-

ci sépare la cavité du limaçon en deux espaces (figure 3) : la rampe vestibulaire en relation avec la fenêtre ovale et la rampe tympanique qui aboutit à la fenêtre ronde. Cette dernière permet la mise en vibration du liquide labyrinthique. On peut considérer, en première approximation, que les mouvements de la membrane de la fenêtre ronde sont en opposition de phase avec ceux de l'étrier. Les deux espaces communiquent au sommet du limaçon par l'hélicotrema. La membrane basilaire supporte l'organe de Corti, constitué de 20 000 cellules environ, baignant dans l'endolymphe. La naissance des impulsions électriques sur les cellules de Corti est la conséquence de mouvements complexes de cisaillements et de

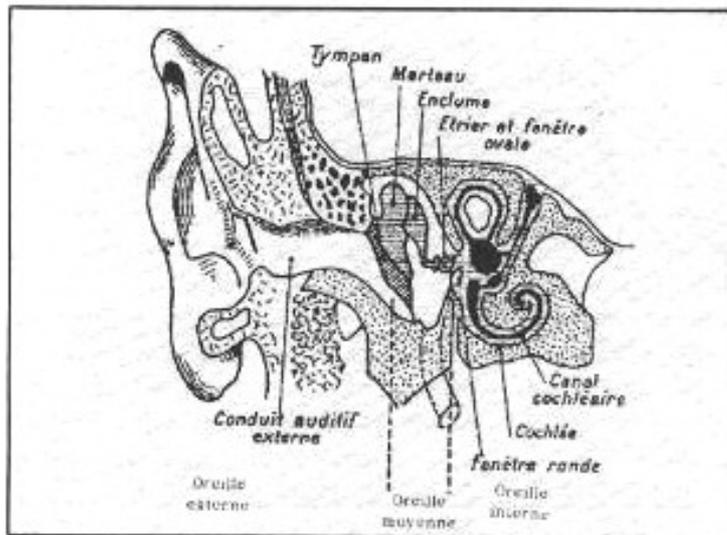


Fig. 1 : Vue générale de l'oreille.

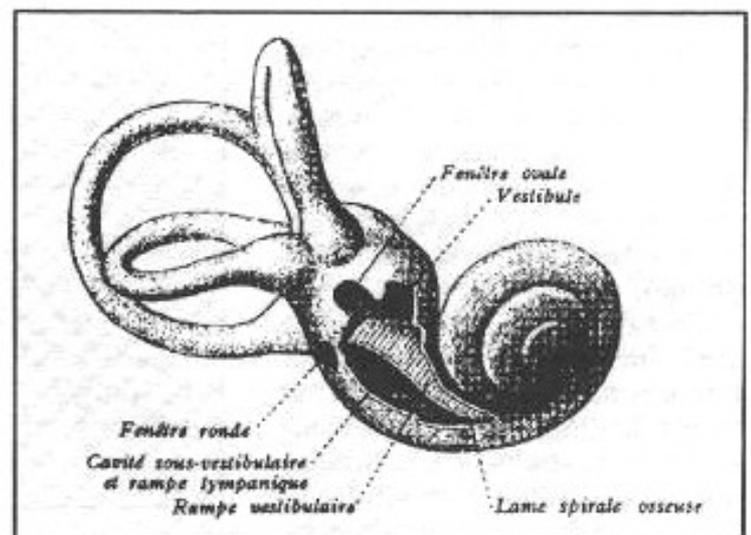


Fig. 2 : Labyrinthe osseux.

que ambiante grâce à une communication avec le pharynx par l'intermédiaire de la trompe d'Eustache. Les trois osselets tendent à diminuer l'amplitude des vibrations du tympan tout en augmentant la pression acoustique, car le rapport des surfaces entre le tympan et la fenêtre ovale, zone de contact de l'étrier et de l'oreille interne, est d'environ 20 ( $65 \text{ mm}^2$  contre  $3,2 \text{ mm}^2$ ). L'importante augmentation de pression sur la fenêtre ovale, par rapport à celle que reçoit le tympan, permet une transmission intégrale de l'énergie acous-

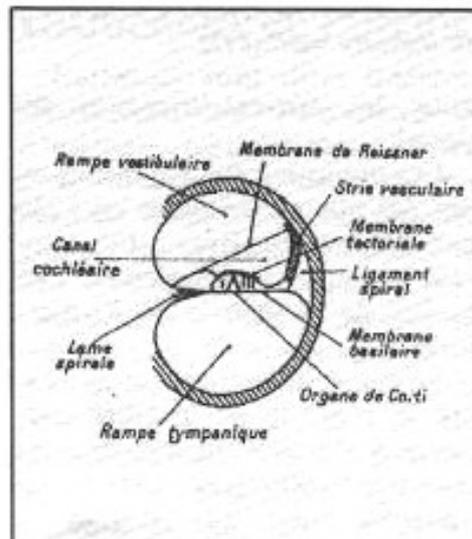


Fig. 3 : Vue en coupe de la cochlée.

tiraillements de leurs cils accrochés à la membrane tectoriaie. Cette membrane est mise elle-même en mouvement par les vibrations de la membrane de Reissner transmises par l'endolymphe. C'est au cœur de la membrane basilaire, près des cellules de Corti, que l'on trouve les très fines ramifications du nerf auditif. Nous ne dirons rien de ce qui se passe au niveau cortical, car les connaissances actuelles sur le cerveau en général et sur le cortex auditif en particulier sont trop complexes et fragmentaires malgré les efforts

développés par la communauté scientifique.

## Théories de l'audition

Helmholtz a proposé une théorie dite de la résonance. Celle-ci suppose qu'il existe dans l'oreille interne des structures susceptibles de vibrer à des fréquences déterminées et constituant ainsi des résonateurs. Un son complexe se propageant dans les liquides baignant ces résonateurs, met en vibration les structures répondant aux fréquences élémentaires qui constituent le signal. L'auteur avait initialement localisé ces résonateurs dans l'organe de Corti. Mais cette structure n'existe ni chez les oiseaux, ni chez les reptiles et il proposa de les localiser au niveau des fibres radiales de la membrane basilaire.

Une autre théorie envisage que la différenciation fréquentielle soit le fait du cerveau. L'ensemble de l'oreille n'intervenant que dans le codage en courants synchrones des sons perçus (Rutherford, théorie du Téléphone).

Von Békésy, à qui l'on doit de très importants travaux sur l'audition, a montré qu'il se forme le long de la membrane basilaire des ondes stationnaires, dont le maximum d'amplitude se rapproche de la base du limaçon (près des fenêtres) lorsque la fréquence du son augmente. Pour les fréquences basses, toute la membrane vibre. Pour des fréquences plus hautes, on observe plusieurs maximums d'amplitude. L'étude des potentiels de la cochlée a permis de mettre en évidence d'une part des *potentiels microphoniques* (qui reproduisent fidèlement la forme de l'onde sonore) et d'autre part des *potentiels d'action* (qui n'apparaissent qu'avec une latence assez grande, 0,7 ms, par rapport au son qui les a produits). Ces potentiels ne naissent pas au même endroit, et il est possible de les recueillir séparément à

l'aide d'électrodes. Le premier est maximal au voisinage des cellules ciliées de Corti et couvre toute la gamme des fréquences audibles, voire un peu en-deça et au-delà. Toute la longueur des spires de la cochlée donne un potentiel microphonique aux basses fréquences, alors que seul le tour basal répond aux fréquences élevées, ce qui confirme la localisation des fréquences le long de la cochlée. Il existe également un potentiel commun, appelé *potentiel de sommation*, moins bien connu, il joue un rôle

daient aux fréquences basses et d'autres aux sons aigus. Ce fait est à rapprocher des mouvements variables de la membrane basilaire et donc de la situation des cellules ciliées qui lui sont attachées et près desquelles se trouvent les ramifications nerveuses d'où naissent les influx. Ces potentiels génèrent des « spikes » (ou pics), rythmés et non-sinusoidaux (en dents de peigne). Ces potentiels sont suivis d'une période réfractaire d'environ  $1/1000^e$  de seconde chez l'homme. Le potentiel est généré

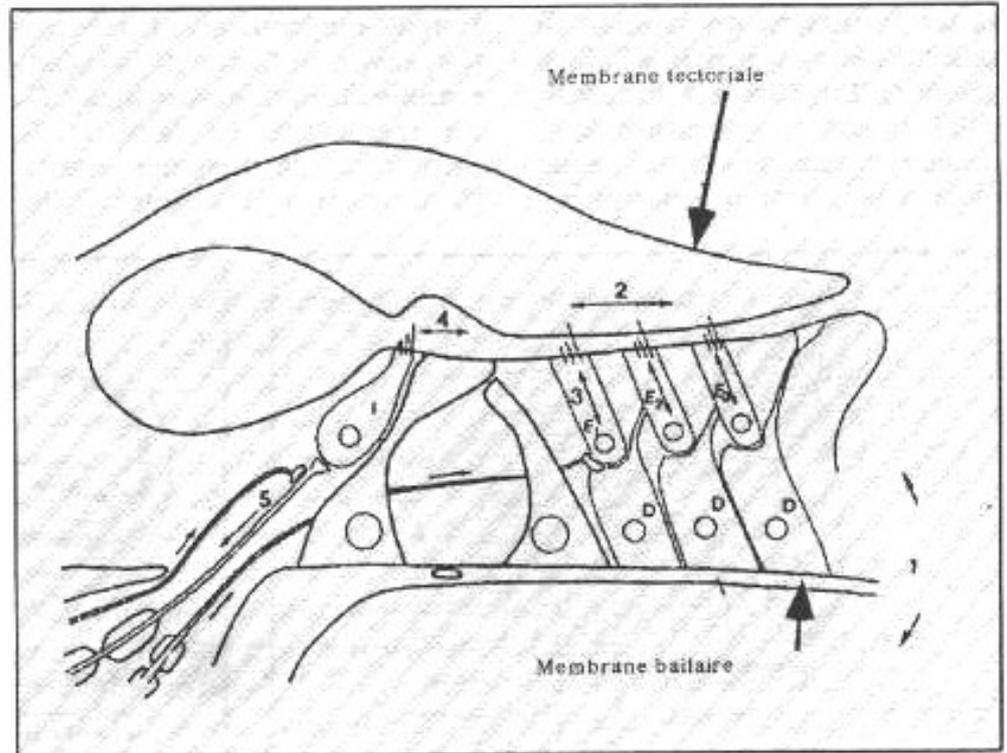


Fig. 4 : La vibration cochléaire (1) induit le mouvement relatif de la membrane tectoriale et des cellules ciliées externes (2). La contraction de ces dernières (3) va permettre l'excitation des cellules ciliées internes (4) et le départ du message auditif (5).

pour les fortes intensités du signal.

Les potentiels microphoniques ont été mis en évidence en 1930 par Wever et Bray. Ils semblaient apporter des éléments en faveur de la théorie de Rutherford.

Le point important est en réalité la réponse de la fibre nerveuse à l'excitation sonore : les potentiels d'action. On a pu observer que ces potentiels dépendaient de groupes de fibres et que certaines fibres répon-

selon la loi du « tout ou rien » et n'apparaît que pour un certain niveau d'excitation à partir duquel il est toujours le même et ne peut varier ni en amplitude ni en durée. Par conséquent, l'accroissement d'intensité du stimulus se traduit par l'augmentation du nombre de « spikes » par seconde dans les limites de la période réfractaire bien évidemment. Pour permettre l'audition des fréquences supérieures à 1 000 Hz, on a développé la théorie dite *de la salve*. Cette

dernière admet que le suivi fréquentiel est obtenu par décalage des influx des fibres d'un même groupement répondant toutes à des fréquences données. L'ensemble du groupement peut ainsi transmettre des fréquences supérieures au seuil critique fixé par la période réfractaire.

La figure 4 montre les différentes étapes macroscopiques de la perception auditive. La vibration liquidienne se transmet à la membrane basilaire, respectant une tonotopie grossière, le maximum de résonance se déplace de la base vers l'apex de la cochlée au fur et à mesure que la fréquence du son stimulant diminue. Lorsque la membrane basilaire s'incurve vers le haut (rampe vestibulaire), la membrane tectoriale effectue un mouvement de glissement activant les cellules ciliées externes (CCE, 14 000 environ chez l'homme) par un effet de cisaillement. Ces cellules jouent un rôle majeur d'amplification mécanique de la vibration des structures cochléaires. Les CCE excitées se contractent en phase avec la fréquence stimulante et le couplage qu'elles réalisent entre les membranes basilaires et tectoriale entraîne une amplification de la vibration dans une région très restreinte de la cloison cochléaire : elles jouent donc un rôle de préamplificateur. Dans cette région étroite, une seule ou un nombre réduit de cellules ciliées internes (CCI, 3 500 chez l'homme) est excité avec un maximum de sensibilité et libère un neurotransmetteur qui va permettre de véhiculer le message au cerveau. Au total, la vibration de la membrane basilaire est activement amplifiée par la contraction des CCE, cette énergie vibratoire est transformée en influx nerveux par les véritables récepteurs sensoriels passifs que sont les CCI.

Pour résumer les différents phénomènes de l'audition selon les fréquences, disons que les

sons graves jusqu'à 400 Hz (et peut-être 800 Hz), sont perçus selon la théorie du Téléphone. Pour les sons de fréquence moyenne (de 400 à 1 000 Hz), c'est la théorie de la salve qui prédomine. Dans ce cas, les fibres ne répondent qu'à une période sur plusieurs (une sur quatre par exemple) pour une intensité donnée. Si l'intensité augmente pour la même fréquence, la cadence de réponse des fibres augmente (une sur deux périodes, par exemple, si l'intensité double). Certains influx sont alors synchrones, et l'amplitude du signal résultant augmente. Pour les fréquences supérieures à 1 kHz, la théorie de Helmholtz est suffisante mais là encore, il faut recourir à la théorie de la salve pour expliquer la bonne perception de l'intensité. En effet, jusqu'à 30 dB environ au-dessus du seuil d'audition, la perception est assurée par l'augmentation de la cadence de la fibre concernée mais au-delà, il y aurait extension et diffusion aux fibres voisines pour permettre une salve. On voit donc que les termes d'intensité et de fréquence n'ont aucune place dans les voies neurologiques et que c'est davantage une projection de l'organe de Corti que l'on obtient sur le cerveau que la reproduction fidèle des qualités physiques des sons.

## Distorsions de l'oreille

Certaines sont dites linéaires (*distorsions de fréquence*) et d'autres non-linéaires (*ou d'amplitude*). L'audiométrie permet d'apprécier la réponse globale du système de l'audition (du récepteur aux centres nerveux), mais si l'on s'intéresse au rôle du récepteur uniquement, il est nécessaire de recourir aux potentiels cochléaires. Il est secondairement possible de comparer un audiogramme subjectif humain à un audiogramme objectif réalisé chez l'animal (figure 5). C'est par cette même

technique qu'il est possible de quantifier le déficit induit par la suppression de la chaîne des osselets. On constate alors que ce déficit prédomine pour les fréquences de 1 à 2 kHz. A ces fréquences, l'oreille moyenne introduit une certaine résonance et contribue à la distorsion de fréquence.

Si l'on a pensé pendant longtemps que le tympan et l'étrier présentaient une opposition de phase, les mesures ont permis de montrer qu'il n'en était rien au moins sur une vaste plage de fréquences. Le système tympano-ossiculaire n'introduit pratiquement aucun retard de phase jusqu'à 4 000 Hz environ. Au-delà, le retard de phase s'accroît avec un pic de 150° autour de 7 kHz.

Lorsque le stimulus à la fréquence  $f$  est d'intensité excessive, l'oreille n'a plus un comportement linéaire et génère, donc perçoit, des harmoniques subjectifs aux fréquences  $2f, 3f...$  Si, au lieu d'utiliser un son pur uniquement, le stimulus résulte de deux fréquences  $f_1$  et  $f_2$ , toujours avec de très fortes intensités, l'oreille perçoit alors des sons de combinaisons  $nf_1 \pm mf_2$ , où  $n$  et  $m$  sont des entiers positifs. Le tympan n'est pas à l'origine de ces distorsions non linéaires sauf pour des intensités considérables et, en réalité, c'est la cochlée elle-même qui est le siège de ces oto-émissions acoustiques. Elles sont le fait des CCE et la cochlée peut ainsi émettre de l'énergie acoustique vers le conduit auditif externe. Notons que ces oto-émissions sont le témoin tangible du bon fonctionnement cochléaire et que le phénomène disparaît pour des surdités endo-cochléaires de 20 à 30 dB. Nous reparlerons de ces phénomènes au cours d'un prochain article où nous traiterons d'audiométrie.

## Hygiène de l'audition

Il est intéressant, à plus d'un titre, d'analyser les effets du

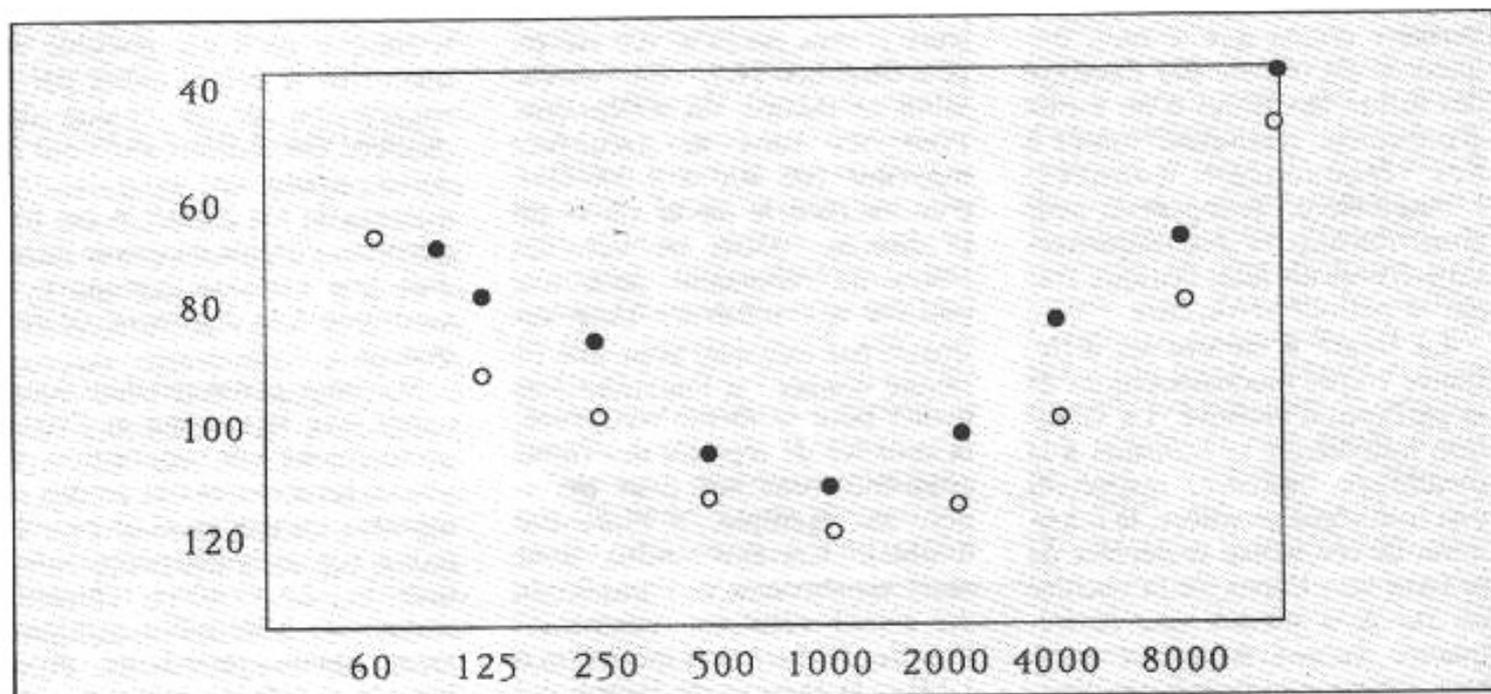


Fig. 5 : Comparaison d'un audiogramme humain (\*) et de cobaye (o). Ce dernier a été obtenu par la mesure objective des potentiels microphoniques.

traumatisme sonore, car ils donnent d'importants renseignements sur les mécanismes fondamentaux de fonctionnement du récepteur auditif. Définir le bruit est en soi un premier problème : pour les médecins, c'est le caractère objectif qui compte, et un son composé de toutes les fréquences audibles ayant chacune une amplitude et une phase aléatoire constitue un bruit. Mais si l'on accepte la définition suivante de la Musique : ensemble de sons agréables à l'oreille, le bruit, d'une façon très générale, est l'ensemble des phénomènes acoustiques générant une sensation auditive désagréable ou gênante. En effet, la plus jolie des berceuses peut devenir franchement intolérable pour peu que le niveau atteigne 120 phones (nous parlerons des échelles de mesure prochainement) ! L'étude des caractères spectraux des bruits tente de définir les paramètres qui sont à l'origine du caractère désagréable des sons (excès de transitoires, excès d'harmoniques impairs, excès de dissonances, modulation d'amplitude ou de fréquence...).

L'audition d'un son très intense a pour conséquence de

réduire de manière transitoire les performances de l'oreille : le seuil de perception s'élève. Le récepteur reprend ses capacités initiales après une période variable. On appelle *fatigue auditive* cette surdité partielle et transitoire. En général, elle ne prédomine pas pour la fréquence du stimulus, mais pour les fréquences supérieures à celui-ci (une demi-octave au-dessus de la fréquence traumatisante). Le plus souvent, il y a également disparition temporaire des oto-émissions. C'est la fréquence 4 kHz qui est la plus sensible à ce phénomène, car elle figure dans la plupart des spectres de bruits et elle est sélectivement amplifiée par le conduit auditif externe. Elle est la première atteinte en pathologie et elle constitue un élément de définition de la surdité professionnelle lors de traumatismes auditifs répétés.

Un phénomène peut également avoir lieu après un traumatisme acoustique : les acouphènes. Ce sont des sifflements aigus que vous avez tous perçus un jour ou l'autre, sans toujours pouvoir en définir la cause (la prise massive d'aspirine est éga-

lement une cause de déclenchement de ce phénomène).

Le lieu électif du traumatisme acoustique semble donc être les cils des cellules sensorielles et les lésions vont de la faible altération de la racine ciliaire, à l'origine de la fatigue auditive, à l'arrachement du cil ou même de la cellule sensorielle elle-même lorsque le traumatisme auditif est très important. Si, chez certains animaux (vertébrés inférieurs et oiseaux) on a pu observer une réapparition et une refunctionalisation des cellules ciliées sensorielles après traumatisme acoustique, il en va tout autrement chez l'homme. La connaissance des mécanismes de cette régénérescence permettront peut-être de prolonger notre joie d'écouter, dans d'excellentes conditions et jusqu'à un âge avancé, les œuvres que nous aimons tant.

Le capteur n'a maintenant plus de secrets pour vous, et nous aborderons, dans notre prochain article, les phénomènes subjectifs de l'audition ce qui constitue, disons-le, un assez vaste programme.

**Page non  
disponible**

# LE MUSEE IMAGINAIRE

## ENERGIZER JBL SE 408 SE

Jean Hiraga

**L**

*a firme californienne JBL n'a cessé d'innover en matière de haut-parleurs, d'enceintes acoustiques et d'amplificateurs. Les commandes de volume à course rectiligne, les châssis de haut-parleurs en fonte d'aluminium à face avant brossée, les grilles de haut-parleurs, véritables ouvrages d'ébénisterie n'ont cessé d'inspirer, à cette époque et même encore de nos jours, de nombreux constructeurs. L'Energizer SE 408 SE fait partie lui aussi de ces créations d'avant-garde et bénéficiait des technologies les plus récentes.*

C'est en consultant des revues américaines des années 60 que l'on pourra mettre en évidence une nette avance de JBL sur ses concurrents en termes de performances, d'originalité, le tout sous une esthétique qui, 30 ans plus tard, semble à peine démodée, les copies de haut-parleurs LE 8, LE 15 se sont comptées par dizaines et ont rarement atteint, voire surpassé la qualité des versions d'origine.

A l'exemple de firmes telles que Kef, Leak, Acoustic Research ou Bozak, JBL a participé à la vulgarisation du haut-

parleur électrodynamique « moderne », celui qui, depuis cette date, n'a évolué que dans le détail : nouveaux types de membranes, de traitement de surface de celles-ci, bobines mobiles à fil plat ou conçues pour une meilleure tenue en température, circuits magnétiques plus linéaires, utilisation d'un radiateur passif (cas de la célèbre JBL Olympus). JBL s'est d'autre part forgé une grande réputation en se lançant dans la fabrication d'enceintes de haut de gamme, encore rares à l'époque, parmi lesquelles se distinguent les célèbrissimes

Hartsfield et Paragon.

JBL créa au cours des années 60 de très nombreux modèles d'enceintes. Des petits modèles comme la Madison (un seul LE 8T utilisé en large bande) ou la Trimline (version extra-plate à deux haut-parleurs) furent complétés par la vaste gamme Lancer (Lancer 44, 77, 88, 99 et plus particulièrement la Lancer 101) et couronnés par les versions citées plus haut. Quelques années plus tard, JBL créait ou modifiait plusieurs haut-parleurs et chambres de compression.

Pour ceux qui sont passionnés

par l'histoire de la haute-fidélité, quelques dates relatives à cette firme sont à retenir :

— 1927 : James B. Lansing et Ken Decker créent la firme Lansing Manufacturing Company.

— 1934 : Création, en collaboration avec Douglas Shearer, de la MGM de la première enceinte de sonorisation 2 voies.

— 1939 : Décès dans un accident d'avion de Ken Decker. J.B. Lansing, contraint de trouver des supports financiers, commence la sous-traitance pour le compte d'Altec Service Corporation.

— 1941 : Rachat de la firme par Altec avec contrat de 5 ans.

— 1946 : James B. Lansing quitte la firme et crée la Lansing Sound Inc., qui prend ensuite le nom de James B. Lansing Sound Inc.

Westrex et Ampex pour les marchés du théâtre et du cinéma. Mise sur le marché de la célèbre chambre de compression 2" « 375 ».

— 1956 : Commercialisation de l'enceinte Hartsfield.

— 1958 : Les ingénieurs Arnold Wolf et Richard Ranger lancent l'enceinte à réflecteur acoustique « Paragon ».

— 1961 : Création d'enceintes de monitoring pour la Capitol Records et EMI (B.-B.).

— 1962 : Lancer du « passive radiator », haut-parleur « passif ».

— 1965 : Création d'instruments de musique électronique pour la firme Fender.

— 1968 : Mise sur le marché de la JBL 4310/4311 (enceinte « bookshelf » de bibliothèque).

— 1969 : William Thomas cède

la firme au groupe international Harman. Extension du marché export.

— 1972 : JBL devient le plus important fabricant mondial d'enceintes acoustiques à usage domestique.

— 1973 : Lancer de la 4350, grande enceinte de monitoring.

— 1974 : JBL domine le marché professionnel américain (studios en particulier).

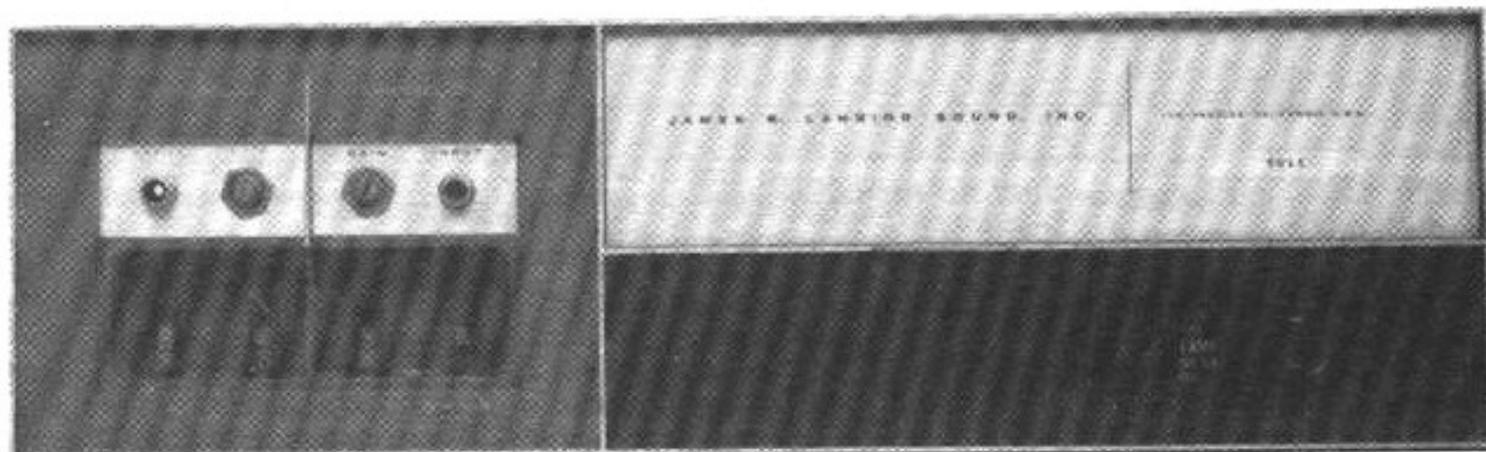
— 1977 : JBL est cédé au groupe Beatrice Foods.

— 1978 : Développement de nouveaux aimants de type SFG en raison de la difficulté d'approvisionnement en cobalt.

— 1979 : Lancer du pavillon bi-radial. Amélioration de la chambre de compression 375.

— 1980 : Harman reprend JBL.

— 1981 : Lancer des enceintes « monitor » de studio.



Vue de la face arrière de l'Energizer JBL SE 408 SE.

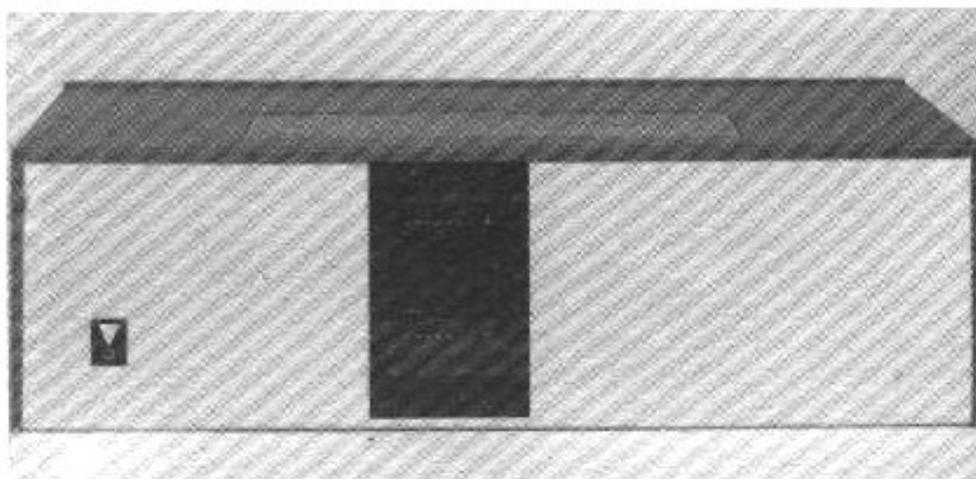
— 1947 : Création du haut-parleur D 130, équipé d'une bobine mobile de 100 mm de diamètre.

— 1949 : Grosses difficultés financières. J.B. Lansing se suicide. William Thomas reprend l'affaire en mains. Les difficultés continuent. L'usine change de site trois fois de suite.

— 1950 : William Thomas fait de JBL le symbole de la qualité et de la haute technologie.

— 1953 : Adoption du puissant aimant Alnico V.

— 1954 : Création d'une société conjointe avec les partenaires

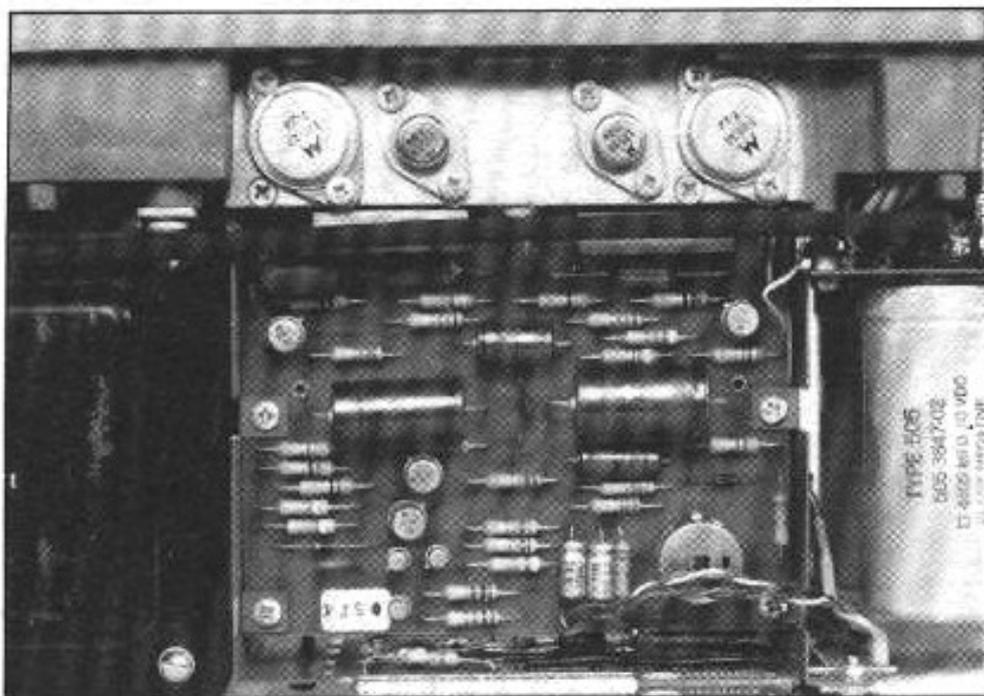


Vue de la face avant, avec capot. La fenêtre centrale permet de connaître la référence des correcteurs.



circuit « à l'ancienne », c'est-à-dire un transformateur driver, référence PN 10011, constitué d'un seul enroulement primaire (avec condensateur d'isolement de  $500 \mu\text{F}/12 \text{ V}$  pour n'assurer que le couplage en courant alternatif) et deux enroulements secondaires servant à l'attaque de l'étage de sortie. Ce dernier est de type push-pull parallèle, avec transistors 2N 2147 Motorola reliés à une alimentation symétrique  $\pm 25 \text{ V}$ . La suppression du transformateur de sortie, du condensateur de liaison de sortie contribuent ainsi à élargir la bande passante et à diminuer les rotations de phase. Sur ce circuit très simple, JBL applique deux boucles de contre-réaction, l'une entre le premier et le troisième étage, la seconde étant appliquée entre la sortie et l'émetteur du premier étage. La correction adaptée à chaque type d'enceinte (une trentaine environ, la référence M 21 correspondant entre autres au modèle Olympus) prend place par l'intermédiaire d'un connecteur 14 broches entre l'entrée et la sortie du troisième étage. Les cartes, baptisées « Transducer Matching Equalizer » permettaient de compenser efficacement les pertes de sensibilité de certains modèles d'enceintes aux fréquences graves et d'obtenir, du moins en théorie, une réponse en fréquence globale droite.

Sous un aspect extérieur identique à celui du SD 400, les SE 400, SE 401 et SE 408 SE font appel à un circuit totalement différent et très en avance sur son temps. Il faut reconnaître dans cette conception le génie de Bart N. Locanthi, lequel a contribué pour une grande part à la création du projet « Equalizer-Energizer ». Il est à l'origine de ce fameux « montage en T » dont on parla tant dans la presse et dont le principe fit l'objet d'une description détaillée dans le journal de l'AES en juillet 1967 sous le titre « Ultra-Low Distortion DC Amplifier ». Ce

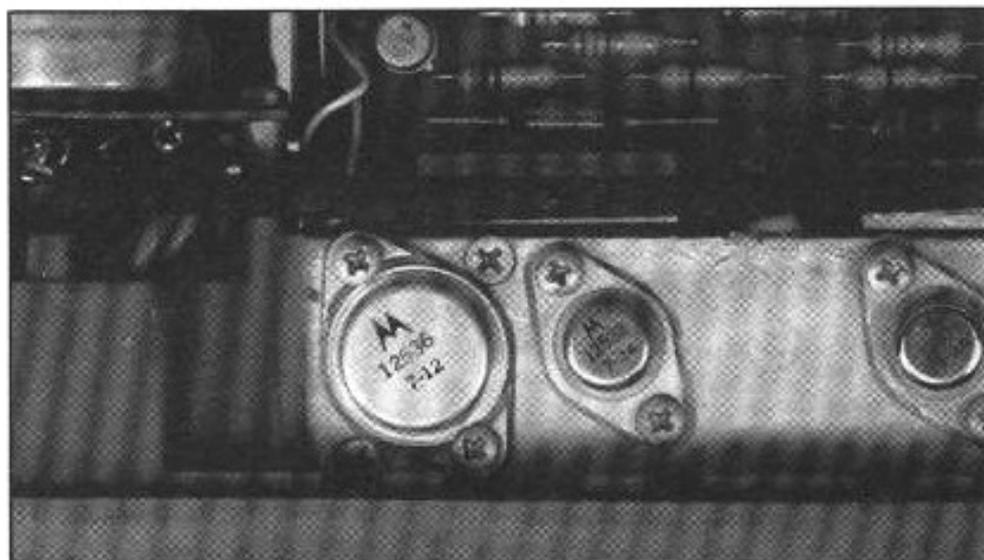


*Circuit imprimé principal d'un canal avec, en haut, les transistors de puissance.*

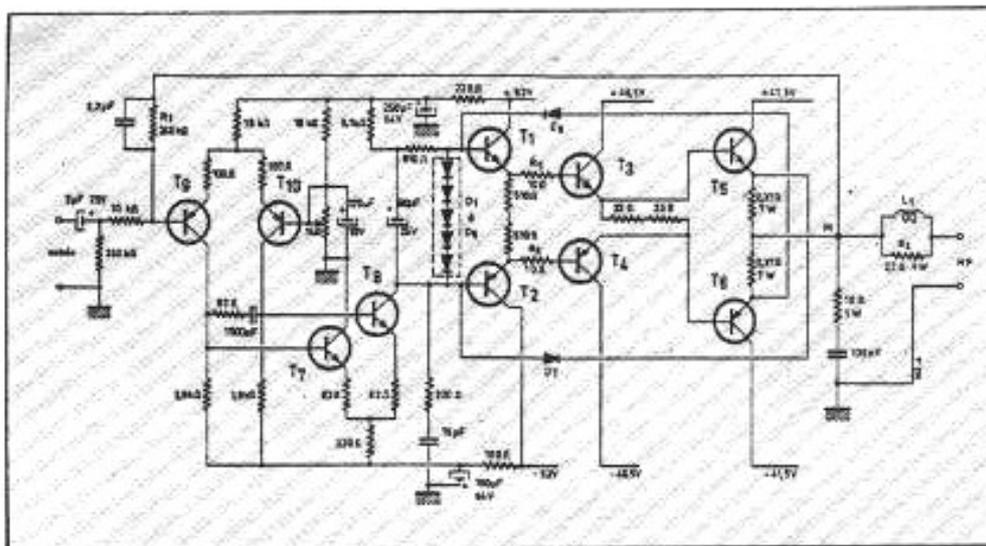
montage en T repose sur une condition essentielle : l'utilisation de transistors bipolaires parfaitement complémentaires. On connaît les difficultés que les fabricants rencontrèrent à cette époque pour réaliser des transistors au silicium en version PNP fiables, capable de représenter des miroirs parfaits des versions NPN. De longues années durant, le célèbre 2N 3055 (version NPN 100 V/15 A au  $P_c$  de 117 W) ne put trouver de version PNP parfaitement complémentaire. Ces mêmes difficultés se rencontrent

encore actuellement, mais à plus petite échelle et pour certaines versions seulement. Mais tous les audiophiles amateurs du fer à souder savent bien que, plus une version bipolaire NPN est performante ou intéressante et plus il semble difficile de trouver le complément PNP parfait.

Il est d'autre part un phénomène courant que celui de la copie, des imitations d'un produit performant et original. Le circuit en T de Bart Locanthi réunissait tous les avantages : performances très poussées, dix



*Transistors de puissance et « driver » d'origine Motorola, spécialement conçus pour JBL, portant les références 12536 et 12538.*



transistors seulement par voie, liaisons directes depuis l'entrée jusqu'à la sortie mais avec, en contrepartie, le risque sérieux d'être copié rapidement par la concurrence américaine et étrangère. Une solution élégante mais onéreuse fut trouvée : le passage d'une commande spéciale chez Motorola. Le circuit en « T » concerné est en effet constitué d'une cascade de trois étages couplés en direct avec asservissement des émetteurs et masse flottante sur les deux premiers étages. Ainsi, seuls les deux premiers étages différentiels procurent un gain en tension, celui-ci restant par contre inférieur à l'unité pour la partie en T. Les effets combinés du travail à basse impédance et des rétroactions successives ont pour résultat une bande passante d'au moins 100 kHz, aucune atténuation de niveau aux fréquences basses et un taux de distorsion ne dépassant pas 1,5 %, le tout sans avoir recours à la boucle de contre-réaction globale.

La version SE 408 SE ne diffère de la version SE 400 SE que par la présence ou non du capot. C'est celle qui équipait certaines enceintes JBL. Le circuit — non publié ici car introuvable — est en quelque sorte un amalgame du SD 400 E (présentation, cartes enfichables pour la correction des enceintes) et de l'amplificateur de puissance SA 660 (circuit en T), un montage que l'on

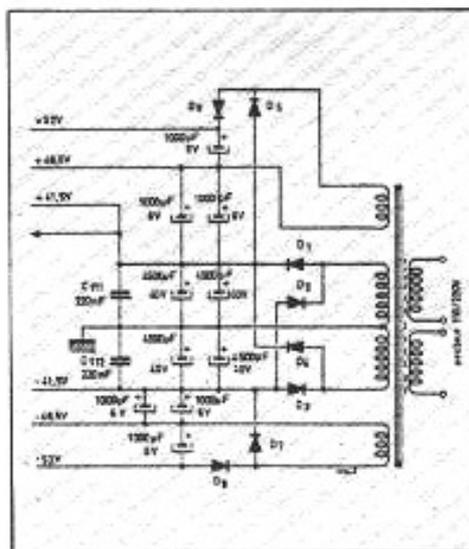


Fig. 2 : Schéma de l'amplificateur JBL SA 660. Celui de l'Energizer comporte quelques modifications effectuées autour de la même base.

retrouvera également sur l'intégré SA-600.

Le circuit de l'amplificateur SA 660 (figure 2) est donc identique à celui de l'Energizer, ce dernier comportant seulement, en plus des commandes de gain (réglables à l'aide d'un tournevis) et le circuit correcteur enfichable (insertion d'un filtre en entrée, modification des valeurs de la boucle de contre-réaction). Sur ces notices, JBL indiquait clairement : « Les transistors portent des références propres à JBL seulement, pour lesquels des équivalents sont pratiquement inexistantes. En cas de nécessité, s'adresser directement à l'usine JBL. »

Ces références sont les suivantes :

T9, T10 = 12886 (différentiel PNP).

T7, T8 = 12546 (différentiel NPN).

T1/T2 = 12546/12545 (paire complémentaire).

T3/T4 = 12539/12538 (paire complémentaire).

T5/T6 = 12536/12537 (paire complémentaire).

Tous les transistors portent le logo Motorola et des versions courantes proches pourraient être (ceci reste à vérifier) les 2N 5758/2N 6226, MPS U01, MPS-U51, 2N 5681/2N 5679. T3, T4, en boîtier T066 restent par contre des références plus difficiles à remplacer (2N 6315/2N 6317 ?). Si l'on examine de nouveau le schéma de la figure 2, on s'apercevra que sur la section en « T », la masse fictive a pour conséquence un risque de déséquilibre des tensions et des courants si les transistors ne sont pas parfaitement appariés. Les couplages directs compliquent la situation dans le cas du remplacement des transistors d'origine par des équivalents, vu qu'un seul transistor mal adapté peut influencer sur les conditions de fonctionnement des trois autres. A noter qu'en jouant sur les paires de résistances reliant les émetteurs ( $510 \Omega \times 2$ ,  $33 \Omega \times 2$ ,  $0,37 \Omega \times 2$ ), on peut faire varier le courant de repos de chacune des paires complémentaires. Quant à l'étage de puissance, celui-ci travaille en classe B, ce qui était à l'époque un excellent argument de vente : aucun échauffement, consommation au repos réduite.

Le transformateur d'alimentation est constitué d'un enroulement primaire simple ou double (version export commutable en 110 ou 220 V dans le second cas). On dispose du côté secondaire de trois enroulements dont un à point milieu permettant d'obtenir des tensions continues symétriques de valeur  $\pm 52 \text{ V}$ ,  $\pm 46,5 \text{ V}$  et  $\pm 41,5 \text{ V}$ .

## Construction

La face arrière de l'appareil est constituée d'un bloc massif en fonte d'aluminium injecté sous pression, un peu à la manière des boîtiers des filtres passifs de la même marque. A gauche se trouvent les entrées (prises Cinch), les commandes de gain (ajustables à l'aide d'un tournevis plat et les borniers à boutons poussoirs réservés aux câbles d'enceintes. Sur le côté droit se trouve la prise secteur enfichable et le fusible (1 A).

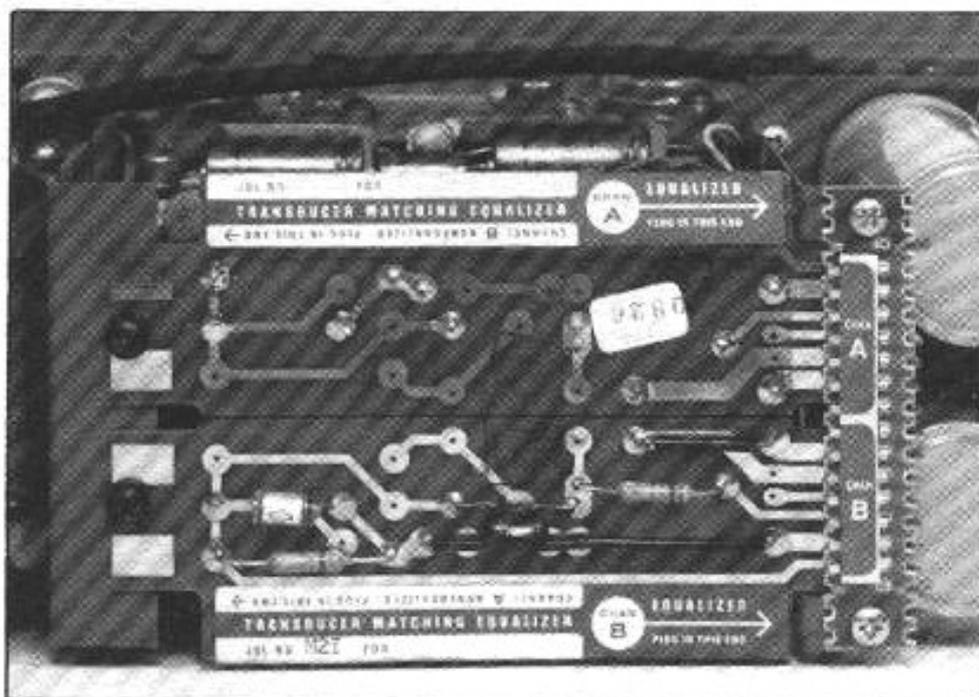
La partie opposée, soigneusement usinée, sert à la fixation des composants, du transformateur d'alimentation des circuits imprimés et fait également office de radiateur pour les transistors de puissance. Les cartes amplificatrices de dimensions  $13 \times 13,5$  cm sont réalisées sur circuit imprimé en verre époxy (encore peu utilisé à l'époque). Les résistances sont de type  $1/2$  W (sauf deux modèles  $0,37 \Omega/7$  W et  $10 \Omega/1$  W), à couche de carbone. L'appareil étant conçu pour être éventuellement encastré dans une enceinte, sa profondeur est réduite, de 16 cm seulement.

## Performances

La bande passante niveau/fréquence de l'étage de puissance en T atteint les 100 kHz avec un taux de distorsion par harmonique de l'ordre de 0,6 % seulement au-dessous de 10 W et passant à un peu plus de 1 % à 30 W. Le taux global de l'ensemble du montage contre-réactionné et chargé par  $16 \Omega$  se situe aux environs de 0,05 %, performance tout à fait remarquable pour l'époque.

Les cartes de correction sont placées verticalement entre les circuits imprimés. De forme allongée, réalisées sur circuit imprimé doré et double face, elles sont enfichables (connecteur six contacts dorés).

En 1964, l'Energizer JBL était proposé en France au prix de

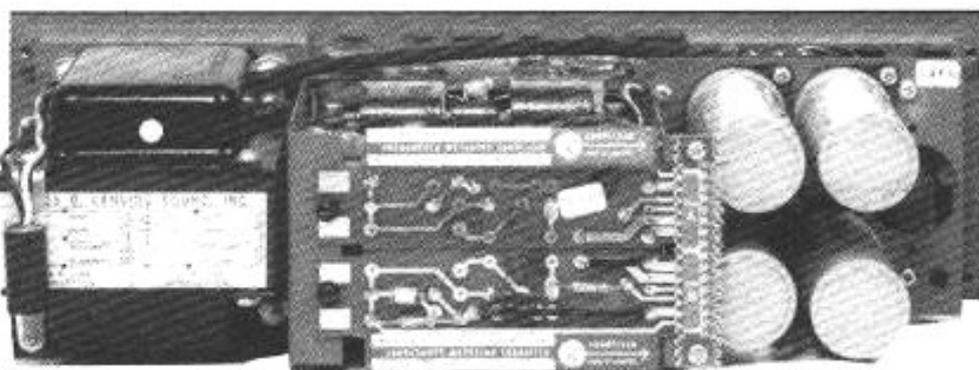


Cartes de correction enfichables. Les modèles représentés portent la référence M 21 et sont conçus pour les enceintes JBL Olympus.

2 080 F. Rappelons qu'à la même date, le salaire minimum garanti (SMIG) était de 355 F. L'Energizer SE 408 SE assurait une excellente qualité d'écoute, une restitution dynamique, un médium articulé, un grave à tendance légèrement physiologique. L'action des correcteurs adaptables se faisant ressentir principalement aux deux extrémités de la bande audio.

L'avance technologique de cet appareil semble avoir deux origines : Bart Locanthi, grand spécialiste des ordinateurs et une équipe d'ingénieurs ayant parfois travaillé auparavant chez

IBM, auxquels il suffisait d'ajouter une motivation générale, une envie de se faire plaisir en apportant dans le domaine audio les technologies les plus avancées de l'époque, y compris celles qui étaient réservées aux satellites et aux applications militaires. La concrétisation de tels projets permet de mieux comprendre pourquoi les maillons audio américains furent longtemps considérés comme les plus perfectionnés au monde, ne firent que renforcer l'image de marque JBL tout en incitant les concurrents à faire aussi bien ou à faire mieux.



Vue interne de l'Energizer JBL.

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

# LES MUSES D'OR

Avril 91



# à l'ensemble **MICROMEGA TRIO** lecteur CD/convertisseur/alimentation

*Patrick Vercher*

**M**

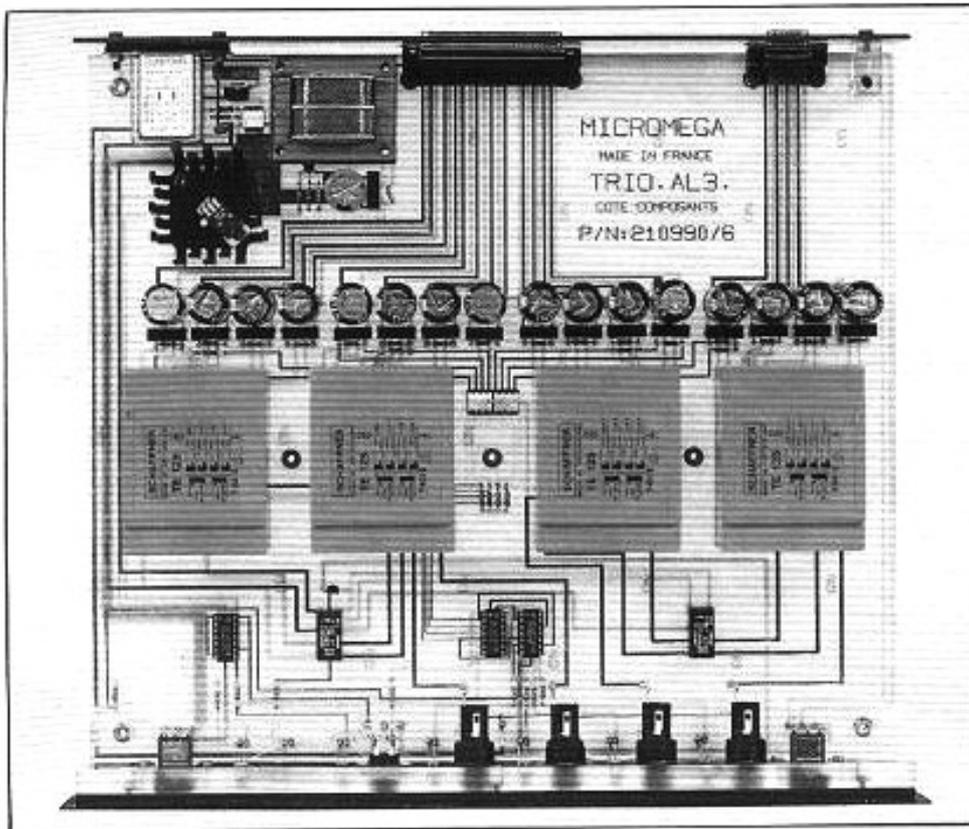
*icromega est le seul constructeur français de sources numériques.*

*Fabriquer un lecteur CD n'est pas à la portée de la première petite société venue.*

*Il est beaucoup plus facile d'assembler des haut-parleurs dans une boîte pour réaliser des enceintes acoustiques que d'étudier des circuits de conversion, des alimentations sophistiquées, des systèmes de lecture de haute précision. Or, Micromega, loin de se contenter de modifier avec plus ou moins de bonheur des lecteurs CD existants, propose toute une gamme de lecteurs CD originaux dans leurs circuits ainsi que dans leur mécanique. Copié par de nombreuses marques étrangères, son principe de chargement du disque CD par le dessus à la manière d'une table de lecture analogique évite les nombreux problèmes de résonances parasites des tiroirs coulissants.*

*Le Micromega Trio, toute dernière mouture (puisqu'il sera commercialisé en même temps que la sortie de ce numéro), est la synthèse des choix technologiques adoptés par son concepteur, M. Daniel Schär, qui anime avec brio cette société.*

*Ce système de lecture CD, par la sophistication de ses circuits, la précision de sa mécanique, sa maîtrise parfaite des phénomènes de vibrations parasites et son écoute d'une clarté et d'une transparence saisissante remplit parfaitement les critères sévères de sélection des Muses d'Or.*



*Vue interne du coffret alimentation AL 3 avec ses quatre transformateurs indépendants et la cellule de filtrage de tension secteur en entrée. On remarquera la parfaite organisation des circuits.*

L'ensemble Micromega Trio se compose de trois coffrets distincts avec, respectivement, le coffret d'alimentation dénommé AL, le convertisseur BS et le lecteur CD. Par cette configuration, le nom de « Trio » était tout trouvé. Chacun des boîtiers séparés, de taille identique (33 × 5 × 30 cm) est réalisé à partir d'une extrusion d'aluminium propre à Micromega qui est équipé de machines-outils à contrôle numérique afin d'obtenir de très faibles tolérances pour chaque pièce mécanique constitutive. Ainsi Micromega n'est pas tributaire de sous-traitants et peut maintenir le plus haut degré de finition possible.

Les commandes des trois appareils sont accessibles en façade à partir de touches sensibles pour le lecteur, à impulsions pour le décodeur et mécaniques pour l'alimentation. La liaison d'alimentation vers le décodeur et vers le lecteur s'effectue via deux cordons blindés munis de prises multibroches

de type ordinateur avec détrompeur et blocage par deux vis.

Les boîtiers sont prévus pour s'empiler, mais avec une liaison mécanique par un point dur pour permettre l'écoulement des vibrations parasites selon une technique qui a fait ses preuves par son efficacité. Pour ce faire, le contact est assuré entre pointe et cuvette jusqu'au support de l'ensemble. Les deux autres points de contact sont assurés par des petits pieds en caoutchouc synthétique. Sur cette dernière version de l'ensemble Trio, Micromega a choisi la solution de l'effet de masse par le poids contre les vibrations extérieures. Ainsi, la platine mécanique de lecture est totalement solidaire d'une plaque en acier (découpée au laser) et montée sur trois colonnettes, deux en matériau synthétique et une très rigide également en acier qui se prolonge par la pointe qui doit prendre appui sur le dessus du coffret de l'alimentation. Par ce principe, l'isolation est excellente et,

inversement, l'écoulement des vibrations s'effectue de manière parfaitement canalisée.

## L'alimentation AL

Cette alimentation, extrêmement sophistiquée, a été conçue afin d'obtenir une parfaite isolation entre les sections analogiques, numériques et mécaniques avec une extrême immunité contre les parasites extérieurs. Ainsi, à l'entrée, on trouve un filtre secteur très efficace pour éliminer les parasites et certaines impuretés « à la source ». Ensuite, on ne dénombre pas moins de quatre transformateurs d'origine Schaffner entièrement blindés (qui ont pris la place des transfo toroïdaux Holden sur les premières versions). Chacun de ces transformateurs dispose de quadruples enroulements secondaires, cela fait au total seize alimentations séparées. Chacun de ces enroulements possède son propre pont de redressement et son filtrage individuel.

Le premier transformateur est réservé au lecteur avec deux enroulements secondaires pour le + et le - de la logique de commande et un enroulement pour la sortie opto-électronique. Le deuxième transformateur est attribué à la section analogique gauche avec un enroulement pour le pôle positif, un enroulement pour le pôle négatif, un pour la référence de tension et enfin le dernier pour la section analogique du circuit de traitement 7321. Le troisième transformateur est pour la section numérique avec, respectivement, le premier enroulement pour l'étage d'entrée, le deuxième pour les registres gauches, le troisième pour les registres droits et le quatrième pour la logique de commande. Le quatrième transformateur est identique au second et sert donc, selon la même configuration, à la section analogique du canal droit.

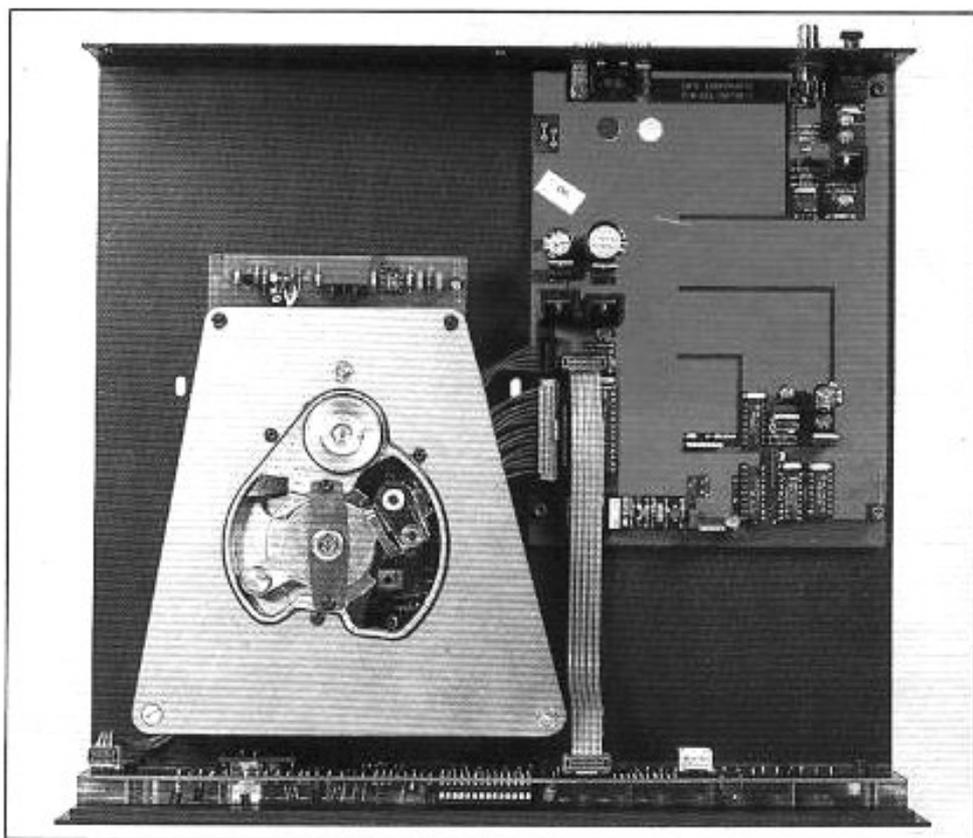
En façade, on trouve l'interrupteur marche/arrêt, le sélec-

teur de tension 110/220 V, les quatre fusibles de protection et un inverseur pour la mise ou non à la terre (selon la configuration du système hi-fi afin de ne pas avoir de problèmes de bruit par rebouclage des masses).

## Le lecteur CD

Sur cette dernière version du Micromega Trio, le lecteur CD fait appel à une toute nouvelle mécanique CD ROM de référence CDM3 qui présente de très nombreux avantages. En effet, à la base cette mécanique sert aux machines informatiques CD ROM qui demandent un temps d'accès ultra-rapide et surtout une précision de lecture nettement supérieure à ce que l'on demande pour une platine hi-fi. Tout le cadre support de la mécanique est en aluminium injecté. Le système de lecture par diode laser et le système de focalisation à partir d'une lentille montée sur une bobine mobile est placé à l'extrémité d'un bras pivotant équilibré dynamiquement par une masselotte en laiton et dont les mouvements en arc de cercle sont contrôlés par un système galvanométrique en liaison avec un circuit d'asservissement très puissant et au temps de réaction ultra-rapide. Ainsi, cette mécanique peut suivre avec une précision extrême la « piste jonchée » de micro-cuvettes facilitant ainsi le travail et soulageant même les circuits de correction d'erreurs. En effet, les pertes d'informations numériques peuvent commencer dès la lecture au passage d'un état à l'autre.

Les circuits d'asservissement et de mise en forme des signaux sont montés sur un circuit imprimé totalement découplé du bâti principal par des suspensions très souples. Ainsi que nous l'avons précisé dans l'introduction, la mécanique est solidaire d'une plaque très épaisse, elle-même fixée sur trois pilotis, deux en delrin et un en acier pro-



*Vue interne du lecteur CD équipé de la mécanique CD ROM montée sur une plaque en acier, découpée au laser et maintenue en trois points sur deux pilotis en delrin et un en acier pour écouler les vibrations.*

longé par la pointe d'écoulement des vibrations. Le couvercle en altuglass (lui aussi usiné chez Micromega), une fois refermé, appuie sur un micro-interrupteur qui met en fonction la section mécanique et la diode laser. Ainsi, en ouvrant le couvercle, la rotation de la platine s'arrête instantanément et la diode est éteinte, il n'y a aucun danger. Le disque CD, placé sur le cône de centrage et d'entraînement, est maintenu fermement contre celui-ci par un palet-presseur en méthacrylate muni d'une masselotte en laiton avec un jonc périphérique pour faciliter la préhension. Ce principe de chargement et de maintien du disque élimine à la base de nombreux problèmes de vibrations en cours de rotation et facilite la lecture par une focalisation plus précise.

Les sorties de modulation numérique s'effectuent soit sur prise coaxiale 75  $\Omega$ , soit sur prise fibres optiques. Micromega a étudié un câble coaxial d'impédance exacte tout à fait remar-

quable pour la transmission des signaux numériques.

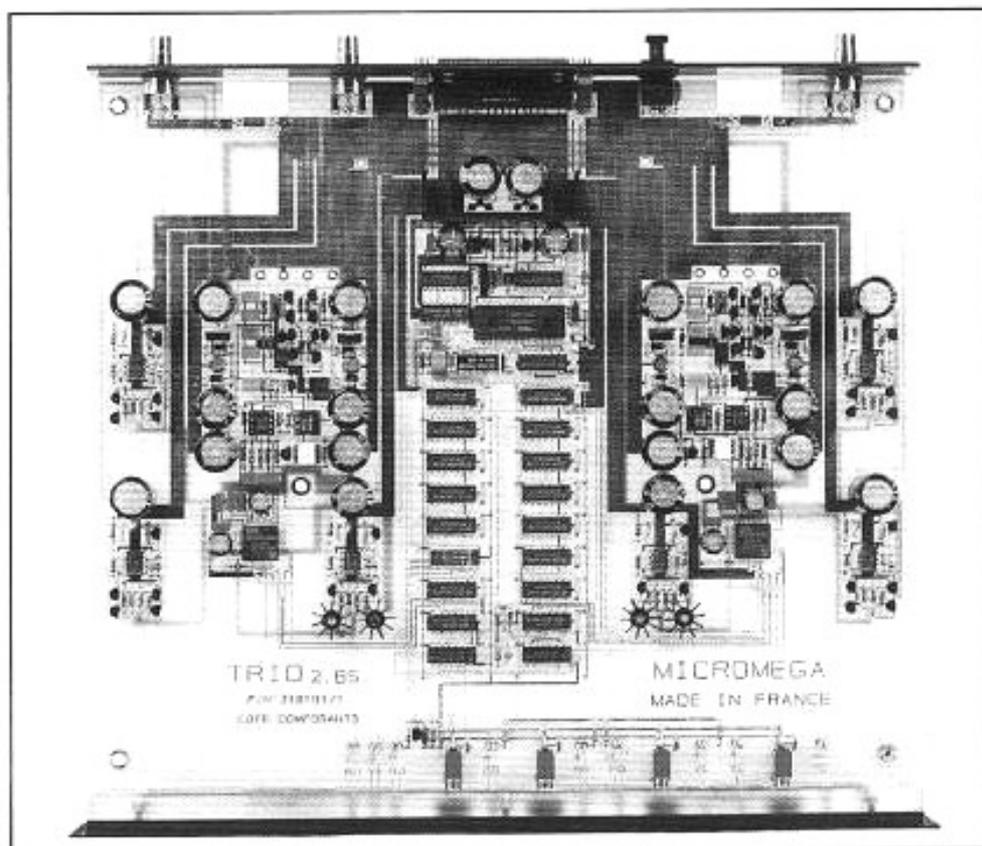
En façade on retrouve l'afficheur du nombre et du numéro de plage qui peut être aussi commuté en temps, un indicateur d'erreur (qui s'éclaire s'il n'y a pas de disque ou si celui-ci est trop rayé pour que la lecture puisse s'effectuer correctement) et les fonctions classiques de pause, répétition, saut de plages, arrêt, balayage rapide. Celles-ci peuvent être télécommandées à distance.

A signaler que cette nouvelle platine de lecture peut aussi fonctionner avec un boîtier d'alimentation séparé (de mêmes dimensions que le décodeur Duo BS) afin d'obtenir une platine CD autonome qui peut être en liaison avec divers convertisseurs.

Enfin, cette platine, au niveau de sa partie numérique, est munie d'un système qui régénère l'horloge qui cadence les données afin d'éviter les phénomènes de jitters.

## Le convertisseur BS

Cette dernière version du convertisseur Trio est désormais universelle avec son circuit d'entrée multi-échantillonnages 32, 44, 48 kHz répondant ainsi à toutes les formes de décodage pour les signaux numériques en provenance aussi bien d'un lecteur CD que d'un enregistreur numérique DAT ou d'un tuner numérique (émissions satellites). La fréquence d'échantillonnage est révélée en face avant. Ce convertisseur fait appel à la technique 1 bit Bitstream, de grande linéarité. Rappelons que, par rapport aux procédés multibits, les convertisseurs 1 bit ont une courbe de transfert, qui caractérise le signal de sortie par rapport à celui d'entrée, beaucoup plus linéaire que sur les multibits, surtout sur les petits signaux de faible amplitude inférieurs à 60 ou 70 dB mais qui renferme en fait les micro-détails qui changent tout à l'écoute dans la production des ambiances sonores et dans le respect des fins de notes. La mauvaise linéarité des systèmes multibits à échelle de courant réside en fait dans les nombreuses références de courant nécessaires qui, malgré des compensations, ne sont jamais parfaitement proportionnelles entre elles. Sur un système 1 bit, on n'utilise qu'une seule référence de courant à laquelle on attribue un coefficient qui correspond à la valeur de l'amplitude de sortie du convertisseur. Mais les ingénieurs de Micro-mega ont voulu aller encore plus loin en éliminant les dernières traces de non-linéarités à très faible niveau. Pour cela, ils ont inventé un procédé qu'on pourrait désigner sous le vocable de « différentiel en temps réel » qui compense les erreurs de linéarité. Très schématiquement cela s'effectue de la manière suivante : si on prend un train de bits représentatif d'un échantillon, l'erreur de linéarité du convertisseur va affecter un certain



*Vue interne du convertisseur BS. On notera la superbe implantation des circuits ainsi que la qualité d'implantation des composants dûment triés. Ce convertisseur s'est montré extrêmement linéaire aux mesures même sur les petits signaux de très bas niveau. Cela démontre une parfaite maîtrise des circuits audionumériques.*

nombre de ces bits. Si on procède à la conversion d'un mot qui serait très exactement l'inverse de cet échantillon, l'erreur doit être proportionnellement la même. Selon un protocole défini à l'avance, après sommation de ces données, les deux erreurs de linéarité inversement proportionnelle vont s'annuler. Ainsi, après démodulation et décodage des bits d'information et de donnée des canaux droit et gauche, chaque train de bits est recopié en inverse sur un même intervalle de temps. Le premier mot original est traité au niveau d'un convertisseur et son symétrique par un deuxième convertisseur. Les signaux analogiques récupérés en sortie attaquent alors respectivement les entrées normale et inverseuse d'un sommateur électronique qui se présente sous la forme d'un amplificateur opérationnel très performant et ainsi, en sortie, la linéarité est parfaite.

Un circuit spécifique à Micro-mega élimine, durant le traitement du signal numérique, tout phénomène de jitter. Afin de ne pas tout gâcher en sortie, l'étage final fait appel à une combinaison d'amplificateurs opérationnels ultra-performants et de montages discrets à transistors à très faible bruit de fond et polarisation pour un travail en classe A. Cet étage intègre aussi un filtre Butterworth du troisième ordre dont les pentes ont été étudiées pour satisfaire aux applications audio-numériques.

En face avant sont disposées quatre touches à impulsions qui, respectivement, commutent : un circuit de muting ( $-100$  dB), un atténuateur de niveau ( $-12$  dB), la sélection de l'entrée optique coaxiale, la phase absolue à  $0^\circ$  ou  $180^\circ$ .

Les entrées peuvent s'effectuer sur prises optiques ou coaxiales, la sortie analogique sur fiches Cinch de très haute qualité

## Ecoute

### Jean Hiraga

Sous une esthétique très proche de celle de la version Trio AL-BS-CD que l'on connaît bien, ce nouvel ensemble est différent dans sa presque totalité. Des matériels de haut de gamme d'un tel niveau sont rares de par le monde et nous sommes fiers de savoir qu'une telle initiative est française. Elle ne recèle pas la moindre trace de ce « bricolage de génie » que l'on rencontre parfois parmi les œuvres des artisans de l'audio chez qui le garage s'est transformé en atelier.

On reconnaît immédiatement à l'écoute les créations Micromega. Du bas au très haut de gamme se retrouvent de nombreux points communs, certains critères de qualité s'affirmant mieux sur les haut de gamme que sur les versions de prix plus réaliste. La nouvelle mécanique de CD ROM ultra-précise associée au palet presseur et aux effets des découplages mécaniques et à ceux du couvercle très lourd procurent à l'écoute une sensation de plénitude, de sonorités soyeuses d'une rare beauté. Des sons qui prenaient facilement des petites tendances acides se transforment ici en timbres exquis, sans faire paraître la moindre trace de dureté, y compris sur les motifs rythmiques rapides des cordes. Sur des passages musicaux pour chœurs, orgue et orchestre, la séparation des instruments, des voix est exceptionnelle, même dans le grave où la réverbération produit un fond sonore réaliste sans produire de confusion ou de flou. La dynamique poussée et uniformément répartie assure des écoutes équilibrées à niveau normal, de même que sur les fortissimi. Les sonorités sont comme fruitées, riches en micro-détails et exceptionnellement fluides et onctueuses. L'aigu file très haut, avec beaucoup d'élégance tout en res-

tant parfaitement intégré aux autres registres.

Il s'agit là d'un beau travail d'expert dans un domaine qui demande des connaissances très étendues dans l'audio numérique comme au niveau de l'appréciation subjective.

---

### Patrick Vercher

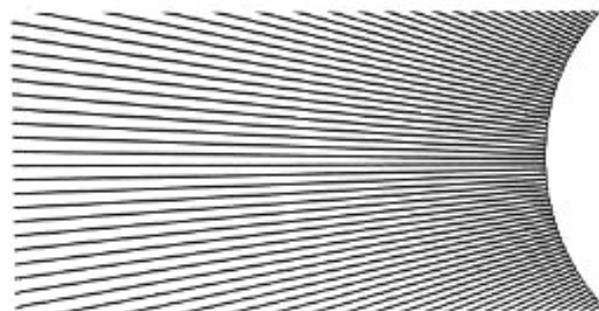
La dernière mouture du système de lecture et de conversion Micromega Trio se différencie de la précédente version par la section mécanique à base du lecteur CD ROM, de l'alimentation avec de nouveaux transformateurs, de nouvelles cellules de filtrage et du décodeur par l'utilisation d'un nouveau démodulateur d'origine Yamaha, cependant le décodeur 1 bit Bitstream reste le 7321, toujours aussi performant. Micromega ne cède pas aux modes passagères mais reste fidèle aux circuits qui ont fait leurs preuves.

Le Trio a servi de source à un système dont nous connaissons parfaitement les qualités et... les défauts pour bien faire la part des choses entre l'apport des lecteurs CD et des autres maillons. Nous l'avons aussi comparé à deux autres systèmes de lecture avec convertisseur l'un multibits et l'autre 1 bit MASH. Trois points préalables : tout d'abord il est assez sensible au sens de la prise secteur, ensuite il faut trouver la position avec le commutateur de masse qui convient le mieux, puis le contact mécanique avec la base support doit être parfait. Nous conseillons fortement le câble de liaison coaxial Micromega qui s'est avéré, dans ce cas, supérieur à la liaison par fibre optique.

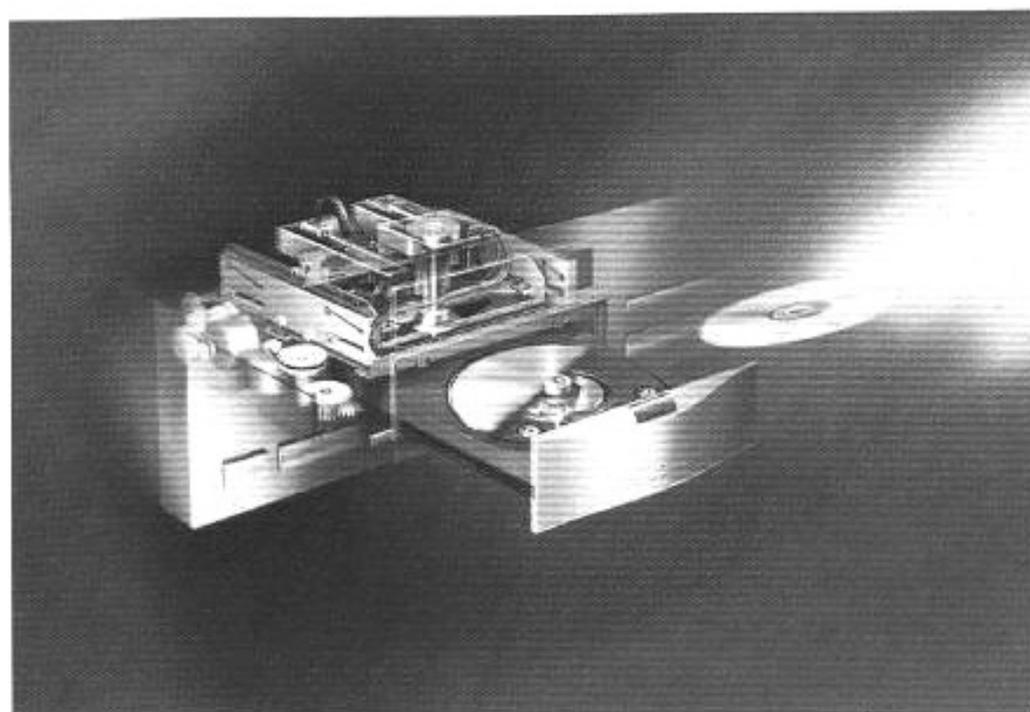
D'emblée le Trio se caractérise par une limpidité et une transparence qui font penser à l'écoute d'une bande master. Du haut-grave à l'extrême-aigu, on a l'impression d'avoir soulevé un voile sur la restitution. Le pouvoir de séparation entre les mul-

tiples informations musicales atteint ici des sommets. L'analyse très fouillée des moindres micro-informations procure une sensation étonnante : l'acoustique du lieu de la prise de son vous environne et n'est pas dissociée de l'information musicale principale. On baigne ainsi littéralement dans le climat de l'interprétation. La spontanéité du jeu des musiciens n'est pas étouffée mais s'exprime librement grâce à une capacité dynamique exceptionnelle. En effet, de nombreux lecteurs CD paraissent dynamiques dans le grave mais moins dans le médium ou dans l'aigu. Ce n'est pas le cas du Trio pour qui les écarts de niveau sont parfaitement respectés d'un bout à l'autre du spectre reproduit. On gagne ainsi énormément dans l'impression d'articulation entre les notes et de filé naturel. La structure harmonique des timbres est correctement respectée, point de duretés, point de phénomènes de flottement sur une succession de différences de niveau très importantes. La lisibilité sur les messages complexes est exceptionnelle (la nouvelle section mécanique a certainement son mot à dire à ce sujet) avec une notion de perspective qui varie beaucoup d'une prise de son à l'autre prouvant là aussi la transparence du système. La possibilité de pouvoir jouer sur la phase absolue est loin d'être un gadget inutile car on peut se rendre compte que de nombreux disques CD sont enregistrés en hors phase absolue.

Cet ensemble Trio dernière version est une source de choix pour tout système de très haut de gamme. Il apporte un surcroît d'informations musicales qui passent souvent atténuées ou totalement inaperçues sur d'autres lecteurs CD. On ne peut que féliciter le travail gigantesque effectué par ce constructeur français qui hisse ainsi une de ses machines dans le peloton de tête des lecteurs sans compromis au niveau international.



# QU



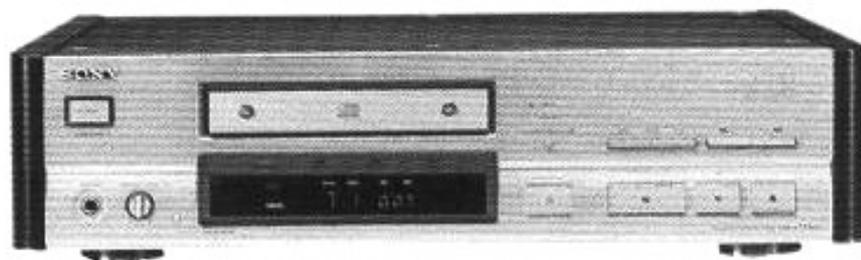
## Pioneer : une nouvelle mécanique CD

*Pioneer s'est inspiré de la table de lecture analogique conventionnelle pour réaliser la nouvelle mécanique d'entraînement du disque CD sur son modèle PD T 07. En effet, afin d'annihiler les vibrations parasites en cours de rotation, le disque CD repose sur toute sa surface sur un plateau d'entraînement de même diamètre (12 cm) recouvert d'un petit couvre-plateau amortisseur, et maintenu fermement contre celui-ci par le palet d'entraînement du moteur placé au-dessus de l'ensemble. Avec ce nouveau mécanisme et le moteur à couple très élevé, les vibrations sont supprimées favorisant la précision de la lecture et facilitant le travail de focalisation du faisceau laser. Un moteur*

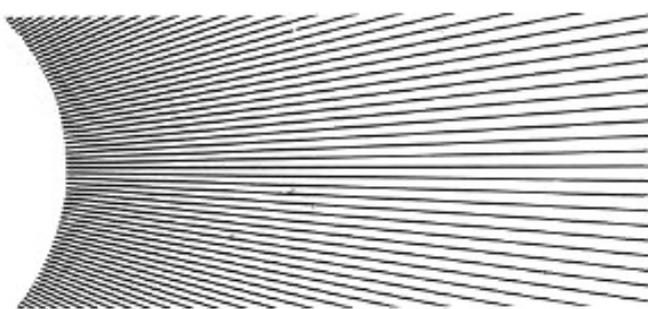
*linéaire entraîne le chariot porte-diode laser et élimine aussi les phénomènes d'à-coups que l'on peut rencontrer dans la translation avec les moteurs conventionnels. La clarté de restitution et la définition sont nettement améliorées par ce mécanisme de très haute précision qui maintient fermement le disque CD en rotation. Ce principe de stabilisation sera aussi appliqué à d'autres modèles de la gamme des lecteurs CD de chez Pioneer équipés de convertisseurs selon les modèles 1 bit ou multibits.*

## Sony Technologie ES

*Le lecteur CD Sony CDP-X 777 ES est équipé d'un système de conversion qui fait appel à 8 convertisseurs digitaux/analogiques One Bit Pulse afin de retranscrire toutes les nuances de timbres avec une grande richesse dans la différenciation des niveaux. Cette platine est équipée de deux transformateurs indépendants de haute capacité qui fournissent séparément les alimentations aux circuits numériques et analogiques, afin de réduire toute interférence. La section mécanique est très soignée avec support en aluminium, section de lecture montée sur contre-platine flottante, pieds céramique pour minimiser l'influence des vibrations extérieures. En sortie, il est prévu des prises symétriques XLR comme sur le matériel professionnel en plus des fiches Cinch asymétriques habituelles. Rappelons que ce type de liaisons symétriques autorisent l'emploi de câbles de modulation de grande longueur sans problèmes d'interférence extérieure ou de bruits parasites. Les fonctions sont multiples avec une télécommande très complète à partir de laquelle on peut régler le volume, avoir accès à 20 plages, et aux différents modes de lecture, 5 au total, sans oublier la possibilité de fondu manuel. Le raffinement des lignes de ce lecteur est à la hauteur de la sophistication des circuits. L'écoute confirme d'ailleurs toute la richesse d'informations supplémentaires qu'apporte la technologie ES.*



# ID



## Onkyo DX 708

Onkyo vient de revoir le design extérieur de la plupart des appareils de sa gamme en adoucissant les angles selon certains critères « bio-design ». Ainsi, le tout nouveau lecteur DX 708 se présente de manière très attractive et représente à n'en pas douter un nouveau pas en avant dans la transparence sonore. Ce nouveau lecteur reprend nombre de caractéristiques du légendaire DX 6800.

On retrouve ainsi le principe de conversion

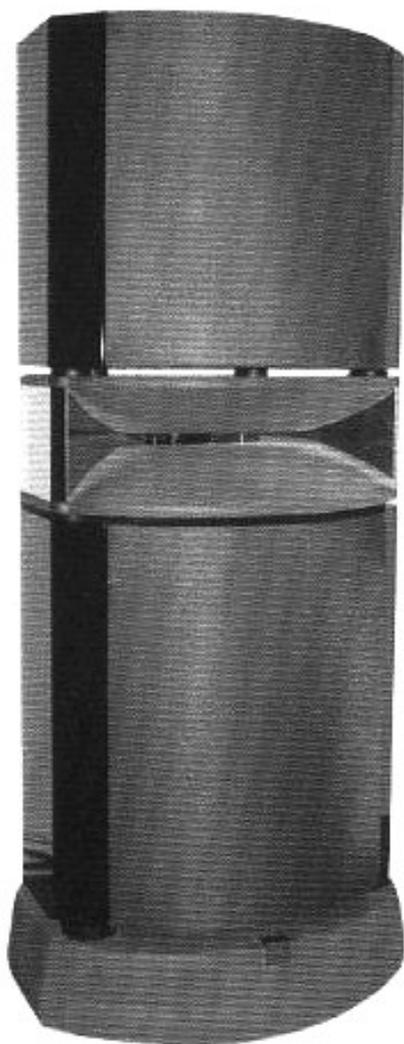
1 bit avec filtre numérique à 8 fois la fréquence de suréchantillonnage, ainsi que le circuit spécifique de remise en forme du bruit de fond afin de reléguer le souffle et les clics indésirables en dehors du spectre audible. Deux transformateurs distincts pour les étages numériques et ceux analogiques évitent ainsi les interférences éventuelles et bruits numériques sur le signal musical. Pour obtenir une plus grande précision de lecture, un nouveau moteur linéaire a été adopté pour entraîner le bloc diode laser et système de focalisation. Parmi les nombreuses possibilités d'exploitation, on peut retenir la recherche de crête automatique qui facilitera l'enregistrement éventuel des plages de disques CD sur une platine cassette. Deux sorties numériques sont disponibles, l'une sur fibre optique et l'autre coaxiale qui pourront attaquer soit un convertisseur indépendant soit un enregistreur DAT. L'affichage à intensité lumineuse variable n'est pas un gadget et permet aussi par son extinction d'éliminer une source de parasites éventuels. A l'écoute, on retrouve tout le charme musical du DX-6800 avec cette incomparable manière de traduire avec exactitude la couleur des timbres des instruments à cordes, la cohérence de l'ambiance de la salle de concert avec les interprètes, le placement précis des différentes sources dans les trois dimensions. Le raffinement sonore est à la hauteur de la technologie utilisée et cela pour un prix qui reste encore abordable.

## Elipson : intégration dans le décor

Ceux qui ont visité le stand Elipson du Salon Hi-Fi 91 ont dû être émerveillés par la superbe finition laquée avec incrustations de certaines enceintes, réalisées à la demande de décorateurs pour pouvoir s'intégrer dans des décors luxueux. Excellente initiative qui prouve que l'on peut associer technique de pointe et une certaine idée du design. Parmi les nouveautés présentes, nous avons retenu la série Ariane avec ses quatre modèles qui répondent aux critères de réponse en fréquence linéaire, distorsion minimale; l'enceinte colonne Circée qui vient prendre place entre les modèles Orphée et la colonne Design; la série Concept avec deux modèles faisant appel, malgré leurs dimensions ultra-compactes, au principe de la charge symétrique procurant un résultat remarquable dans les fréquences basses.



**Page non  
disponible**

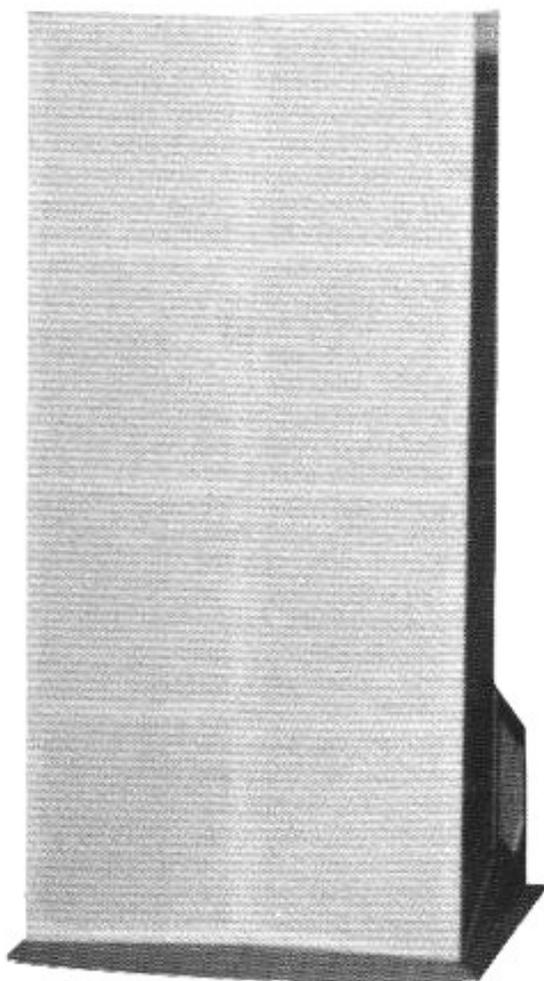


### JBL Project K2

*Pour ces enceintes de très haut de gamme sans compromis, JBL a décidé de les baptiser du nom d'un sommet de montagne parmi les plus hauts. Après l'Everest qui, en 1986, redéfinissait complètement le mode de diffusion stéréophonique par son pavillon à rayonnement contrôlé, l'enceinte Project K2 traduit la volonté de ce constructeur de réaliser un système sans aucune considération de prix, synthétisant les dernières recherches en matière d'électroacoustique. Chaque enceinte K2 est réalisée en trois modules distincts découplés sur une base en fonte de près de 80 kg ! Les deux coffrets de grave renfermant chacun un tout nouveau 38 cm à circuit magnétique néodymium sont basés sur le principe d'une charge de faible volume, compromis entre l'accord de type Bessel et par évent de décompression placé à l'arrière. Un minimum de traînage et de distorsions a été ainsi obtenu. La chambre de compression de type professionnel 2450 fait appel, elle aussi, à un circuit magnétique néodymium dont le rendement est très nettement supérieur à celui des circuits magnétiques classiques. Le pavillon, de profil très particulier, a été étudié sur ordinateur pour une dispersion optimale dans les deux plans. Nous reviendrons sur ce système car il présente une somme considérable d'innovations.*

### AHL Toltèque

*La société française AHL vient de présenter toute une ligne d'enceintes électrostatiques de grande surface de rayonnement, très impressionnante quand au niveau que l'on peut obtenir, la qualité, la propreté du grave, la transparence du médium. Pour ce faire, chaque panneau est équipé de multiples cellules électrostatiques (le nombre variant selon les modèles). Chacune de ces cellules a fait l'objet de très nombreuses heures d'étude pour trouver le meilleur compromis entre la hauteur et la largeur de la cellule, la masse du diaphragme en mylar, la forme des électrodes et leur isolation. L'étude des modes vibratoires d'une surface plane a débouché sur le meilleur rapport de dimensions afin que la membrane travaille pratiquement en piston et non en ondulant sur une très large gamme de fréquences. Il ne saurait y avoir de bons haut-parleurs électrostatiques sans transformateur élévateur de technologie avancée. Aussi, sur les enceintes Toltèque, suite à l'expérience acquise sur le haut-parleur à plasma froid, les transformateurs ont pu être optimisés afin que l'interface avec l'amplificateur puisse s'effectuer normalement. Ces grands panneaux traduisent avec une vérité saisissante les moindres nuances musicales de tous les genres de musique, sans contraintes dynamiques.*





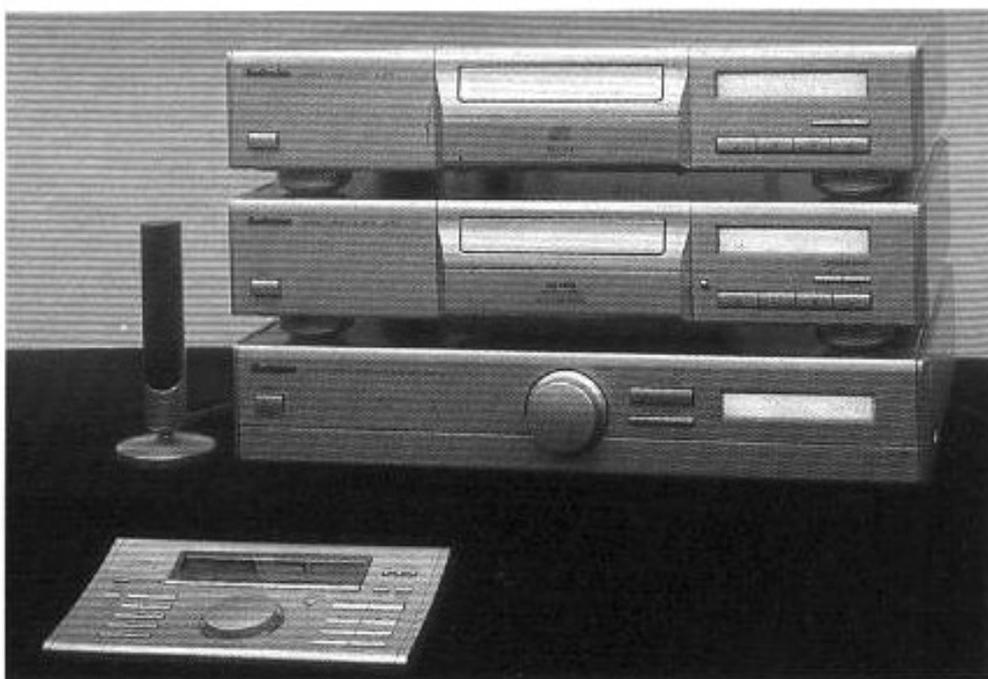
### Marantz Audio Computer

Les visiteurs du Salon Hi-Fi 91 n'ont certainement pas manqué d'être intrigués par un superbe appareil sur le stand Marantz. Les deux grands afficheurs carrés de couleur bleue avec leurs multiples indications révèlent toutes les possibilités d'exploitation de ce véritable ordinateur pour chaîne hi-fi qui peut mesurer et modifier de très nombreux paramètres. Ainsi, dans une seule et unique unité, on retrouve regroupés : un système de contrôle amplitude/fréquence avec égaliseur paramétrique qui peut effectuer des corrections en fonction de l'acoustique de la salle d'écoute, un synthétiseur d'ambiance sonore avec possibilité d'ajuster le temps de réverbération, mais aussi de sélectionner

l'acoustique de la salle de concert que l'on désire ou l'effet surround numérique de film de cinéma. De plus, on peut aussi agir sur la dépollution du signal grâce à un système de compression et d'expansion de dynamique mais aussi de suppression des petits bruits parasites de craquements (très pratique à l'écoute de 78 tours). Enfin, une section de mesure complète l'ensemble avec un générateur sinusoïdal incorporé, un générateur de bruit blanc, un générateur de bruit rose et... un véritable analyseur de fréquences en temps réel ! Toutes les données de ces diverses sections sont affichées en clair sur deux écrans bleutés du plus bel effet. Un maillon de l'avenir qui prend soin du signal audio tout en étendant pratiquement à l'infini toutes les possibilités de réglage et d'ajustage de l'ensemble du système haute-fidélité en fonction de la source du local d'écoute et de ses goûts personnels.

### Technics : Imagine

Technics vient de présenter un nouveau concept de chaîne hi-fi, le système Interactif SS-E 10, sous le nom de « Imagine ». Cette chaîne est composée de trois éléments : un ampli-tuner de 2 fois 80 W avec section AM/FM à 24 présélections, un lecteur CD à mécanique centrale convertisseur 1 bit MASH, une platine cassette à chargement central et tiroir coulissant à l'horizontale avec mécanique de transport de bande à deux moteurs auto-reverse. Et enfin, une télécommande avec système interactif sous forme d'un pupitre avec écran d'affichage à cristaux liquides. Par rapport aux systèmes conventionnels, cette télécommande envoie non seulement les informations à la chaîne : réglage de volume, choix de la station, copie sur magnéto-cassette, etc., mais aussi affiche que ces informations ont bien été transmises et reçues. On n'a plus à vérifier auprès de la chaîne si la fonction est engagée. Mais de plus, cette télécommande peut agir même si le système est placé dans un meuble grâce à un récepteur à infra-rouge que l'on peut placer où l'on veut qui reçoit alors les signaux émis par la télécommande. Cette télécommande interactive de la chaîne Imagine peut aussi servir pour envoyer des ordres à un téléviseur ou un magnétoscope sur le pupitre de commande, pour le choix des sources et la sélection du mode de fonctionnement, on retrouve les touches classiques à impulsions, mais pour le volume on retrouve le classique bouton rotatif. L'aspect pratique n'a pas cependant estompé les performances, bien au contraire, avec une musicalité évidente dès les premières minutes d'écoute.



## Luxman Série 300

Luxman vient de repenser toute sa gamme d'éléments séparés de la Série 300 entièrement télécommandable à distance, avec un nouveau design très élégant à bords arrondis, façades épaisses, afficheurs couleur ambre. L'ensemble des éléments de la série 300, grâce à un système Bus, peut être entièrement télécommandé à partir d'un unique boîtier qui regroupe toutes les fonctions de l'amplificateur, du lecteur CD, du tuner et de la platine cassette. L'ampli-préampli intégré a son réglage de volume motorisé pour une plus grande précision et une absence de bruits de commutation ainsi que de très nombreuses possibilités d'exploitation des sources et même de



séparation de la section préampli et ampli pour l'insertion d'un égaliseur ou d'un système d'ambiance sonore DSP. Il est aussi muni d'un amplificateur vidéo afin de régénérer le signal pour obtenir des copies sans bruit de fond sur l'image. D'une très grande capacité dynamique, cet ampli à l'écoute se distingue par sa neutralité, son caractère très mélodieux, toujours hyper agréable. Grâce à une alimentation capable de fournir le courant voulu instantanément, on n'assiste pas aux formes d'écrêtage habituelles. Le lecteur compact D 351 est muni d'un convertisseur numérique/analogique 18 bits avec un filtre numérique à 8 fois la fréquence de suréchantillonnage. On peut programmer jusqu'à 24 plages différentes. La platine-cassette, de type auto-reverse, offre de superbes performances. Elle est munie des systèmes Dolby B et C ainsi que du HX Pro que l'on ne rencontre que sur des matériels de très haut de gamme. Le tuner assure une réception ultra-stable sans dérive grâce à la sélection automatique des paramètres optimaux de réception en fonction du signal reçu à l'antenne. Jusqu'à 20 stations peuvent être programmées dans n'importe quel ordre. Il est aussi équipé d'un timer à trois fonctions qui peut agir sur tous les éléments de la Série 300 afin par exemple d'effectuer l'enregistrement d'une émission FM dans le cadre d'un horaire donné sans être chez soi. Luxman a su créer, avec cette Série 300, des éléments de grande souplesse d'utilisation mais qui n'ont rien perdu de la qualité « audiophile » en matière de restitution sonore hautement musicale, cela sur une large palette d'enceintes acoustiques.



## Kenwood DX 7030

Petit à petit, les enregistreurs DAT entrent au sein des systèmes haute-fidélité sans compromis. Il n'y a pas un seul constructeur japonais qui ne présente de lecteur DAT ultra-performant. Kenwood, fort de son expérience acquise dans l'audio-numérique avec ses lecteurs CD, propose l'enregistreur à cassette DAT DX 7030. On retrouve la même démarche avec la position centrale du mécanisme à tambour pour les têtes et d'en-

traînement et de guide pour le transport de la bande afin de minimiser l'influence de certaines vibrations extérieures ou la génération de résonances indésirables. Il en va de même pour les circuits de conversion qui font appel à deux convertisseurs 1 bit, le premier numérique/analogique avec filtrage à 8 fois la fréquence de suréchantillonnage et le second analogique/numérique 64 fois suréchantillonnés. Un circuit de remise en forme du bruit de fond du quatrième ordre est utilisé pour obtenir un bon rapport signal/bruit et un faible taux de distorsion par harmonique. Tous les circuits sont montés sur des amortisseurs indépendants pour éliminer l'influence des vibrations parasites sur la transcription des micro-informations. La possibilité de recherche peut aller jusqu'à 300 fois la vitesse initiale. Naturellement il est prévu des entrées numériques coaxiales et à fibres optiques ainsi que la possibilité d'enregistrer directement en numérique à partir d'une platine CD munie d'une sortie de ce type. Les performances sont étonnantes, la bande passante va de 2 Hz à 20 kHz de manière linéaire, le rapport signal/bruit est supérieur à 93 dB.

**Page non  
disponible**

# 32

## ENCEINTES ACOUSTIQUES



*Comme chaque printemps désormais,  
voici notre panorama des enceintes acoustiques, le troisième du genre.*

*Nous touchons là un secteur très dynamique  
et ô combien passionnel. Il faut reconnaître que l'enceinte acoustique  
a une place bien à part dans le grand marché de la haute-fidélité.*

*Même si les progrès ont été manifestes  
au cours de la dernière décennie — l'outil informatique aidant,  
très rares sont les produits mal étudiés —,  
il reste évident que chaque marque, voire chaque produit,  
possède une personnalité qui lui est propre.*

*L'empreinte du concepteur se perçoit immédiatement,  
dans une toute autre mesure  
que pour les autres maillons de la chaîne de reproduction.*

*Indiscutablement, il existe des styles, voire des écoles.  
L'esthétique sonore propre à chacun des pays reste encore étonnamment ancrée  
dans un marché incontestablement international.*

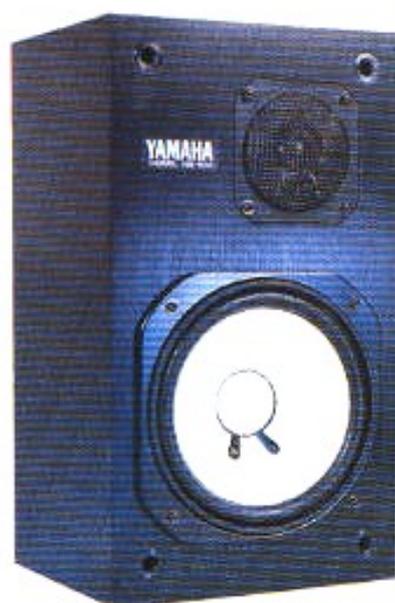
*N'est-ce pas là un des charmes tout particulier  
de l'enceinte acoustique qui échappe ainsi  
à la banalisation que connaissent bien d'autres domaines ?*

*Rappelons que ces panoramas ne se veulent pas  
être des comparatifs, mais plutôt des dossiers  
faisant le point sur l'évolution des produits.  
Ceux-ci sont tous écoutés, l'objectif étant de faire ressortir  
pour chacun d'eux sa personnalité et sa spécificité.*

*Le visuel de ce panorama  
est regroupé par familles d'enceintes,  
celles dites « de bibliothèque » (l'échelle est respectée dans ce cas),  
celles à poser au sol,  
enfin les panneaux.*

*Le visuel est suivi par les exposés  
des caractéristiques techniques  
et les appréciations subjectives.*

*TOUS LES MODELES AYANT FAIT L'OBJET  
D'UNE ECOUTE COLLECTIVE,  
l'ordre alphabétique a été adopté.*



YAMAHA  
NS-10 M

Marques	Pages	Marques	Pages
ACOUSTAT	81	J.B.L.	87
APERTURA	81	KLIPSCH	87
ARCAM	81	KEF	88
AUDIOLINEAR	82	MULIDINE	88
AUDIO STYLE	82	MARTIN LOGAN	88
BW	82	ONKYO	89
CABASSE	83	QUAD	89
CELESTION	83	PROAC	89
CONFLUENCE	84	REHDEKO	90
CHARIO	84	SONY	90
DAVIS	85	TRIANGLE	91
DYNAUDIO	85	TECHNICS	91
EQUATION	85	TOLTEQUE/AHL	92
JM LAB	86	TANNOY	92
HEYBROOK	86	WHARFEDALE	92
JM REYNAUD	86	YAMAHA	93



TECHNICS  
SB-MX200



TANNOY  
SYSTEM 8 NFM



**REDHEKO  
RK-115-4S**



**CHARIO  
HIPER 1X + HIPER SUBX**



**AUDIO STYLE  
PREMIUM DESIGN**



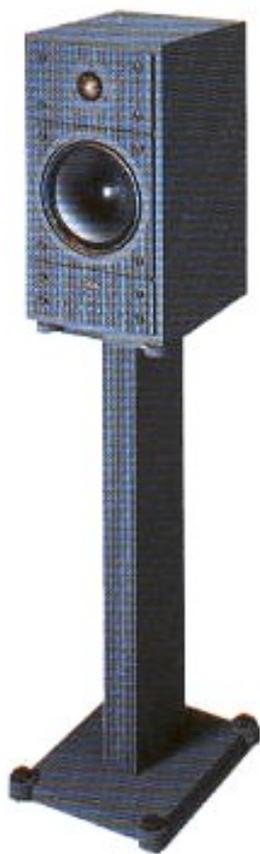
**SONY  
LA VOCE**



**J.B.L.  
TLX 12**



WHARFEDALE  
COLERIDGE



CELESTION  
700



ARCAM  
ALPHA



HEYBROOK  
POINT FIVE SERIE 2



ONKYO  
SCEPTER 2002



MULIDINE  
TRIFONIC



DYNAUDIO  
SPECIAL ONE



DAVIS  
KASTEL



J.M. LAB  
702 ODEON



PROAC  
RESPONSE THREE



J.M. REYNAUD  
STUDIO 3



CONFLUENCE  
PASTORALE



AUDIOLINEAR  
HARMONIE



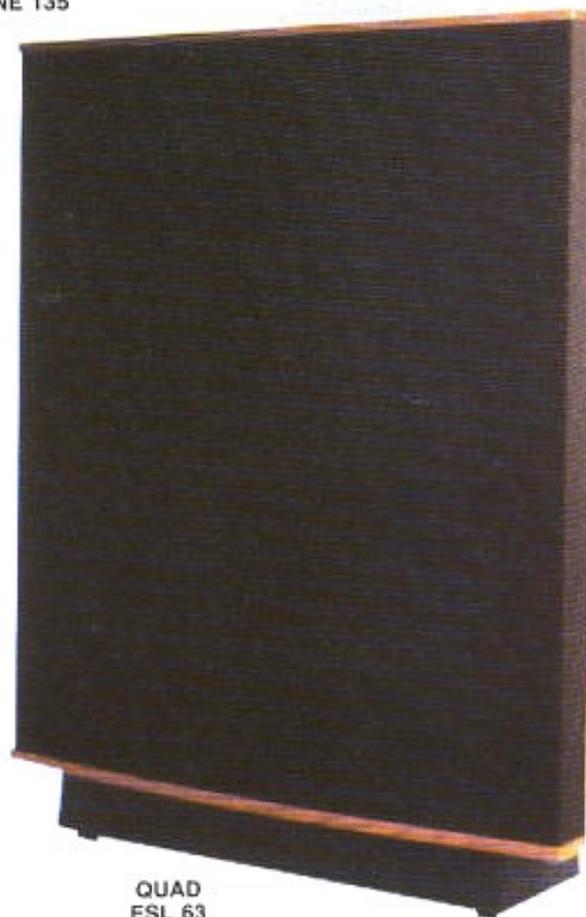
KEF  
105/3



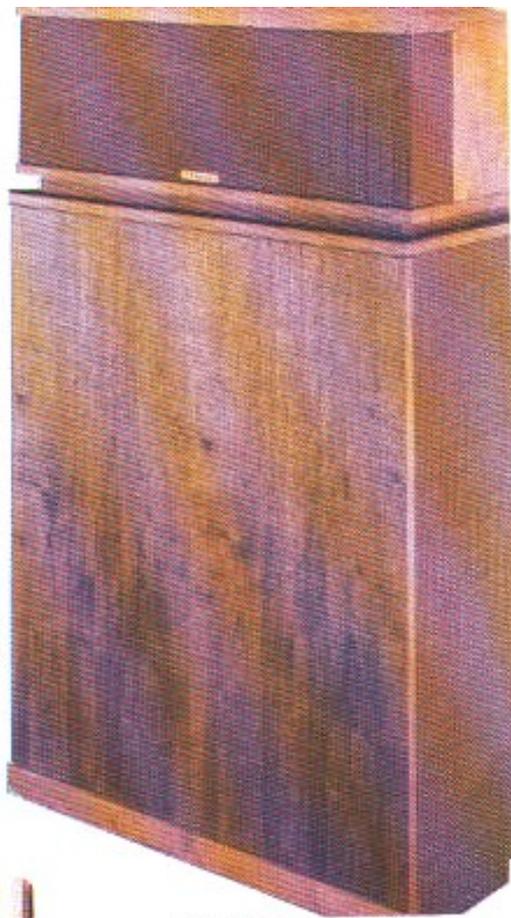
CABASSE  
COLONNE 135



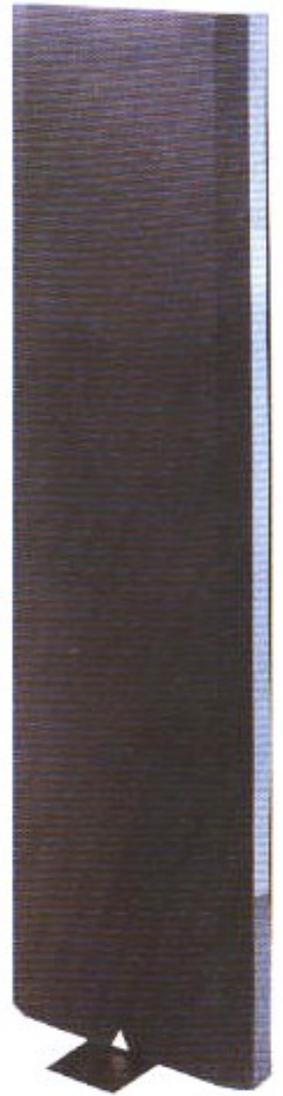
EQUATION  
3



QUAD  
ESL 63



KLIPSCH  
HORN



TRIANGLE  
OCTANT



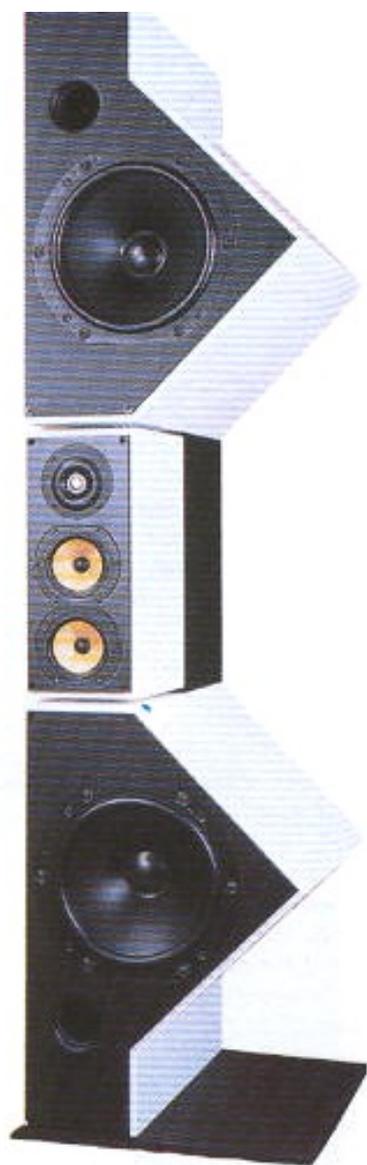
MARTIN LOGAN  
QUEST



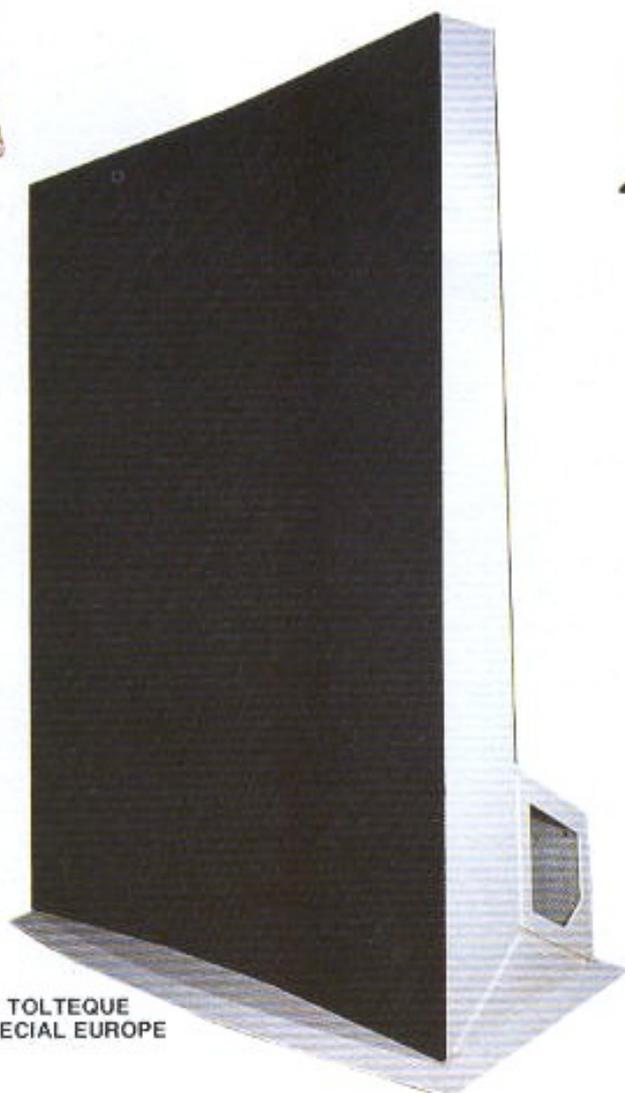
APERTURA AUDIO  
REFERENCE



ACOUSTAT  
SPECTRA 2200



B&W  
MATRIX 800



TOLTEQUE  
SPECIAL EUROPE

## ACOUSTAT

### Type : SPECTRA 2200

Prix indicatif : 29 500 F la paire.

Acoustat est l'un des plus anciens spécialistes américains du haut-parleur électrostatique. Maîtrisant parfaitement tous les aspects techniques de ce principe de transduction, il a réussi parfaitement l'interface avec le local d'écoute grâce à un système original de passage progressif de la zone de rayonnement de la cellule électrostatique du grave au médium-aigu. Ce dispositif, réalisé à partir d'un réseau RC branché aux différentes électrodes, permet d'obtenir un « alignement dans le temps » remarquable (très bonne réponse en phase) ainsi qu'une réduction des formes de distorsion par intermodulation. La gamme des électrostatiques Acoustat a toujours été louée pour sa transparence, sa distinction et sa finesse dans l'analyse des timbres, son grave qui n'apparaît pas tronqué et reste cependant à sa place sans coloration de mylar, ni tremblement, ni effet de flashage. La Spectra 2200 est équipée de deux grandes cellules électrostatiques. Chaque cellule est réalisée à partir de deux cadres en matériau synthétique donnant l'aspect d'alvéoles de section carrée. Les électrodes se présentent sous la forme d'un réseau de fils isolés avec une gaine en PVC. L'ensemble prend en sandwich une feuille de mylar traité de très faible épaisseur. La tension de polarisation est obtenue à partir d'un petit transformateur extérieur lié à la prise de courant. Extrêmement bien conçue et robuste, la Spectra 2200 ouvre une véritable baie sur les enregistrements sonores, donnant l'illusion que l'on est aux premiers rangs d'une salle de concert. Elles ont une capacité dynamique nettement supérieure à bien d'autres électrostatiques et la distorsion est extrêmement faible même dans le grave. Un système qui séduira les vrais mélomanes par le raffinement des timbres et la scrupuleuse description de l'espace sonore environnant.

Distribuée par Preface Logic Audio 30, rue de Plaisance, 75014 Paris - Tél. 45.43.87.07.

## APERTURA

### Type : REFERENCE

Prix indicatif : 46 300 F la paire.

Initialement développée comme « instrument de laboratoire », l'enceinte Apertura Reference représente l'aboutissement de cinq années de recherche de la part de son concepteur, M. Christian Yvon, à qui l'on doit déjà de nombreux systèmes de référence tels que ceux de chez Goldmund. Cette enceinte se présente sous la forme d'une colonne de 1,21 m de hauteur pour une base de 32 x 33 cm. Le coffret a été construit suite à l'analyse d'un grand nombre d'ébénisteries. Sa structure, relativement complexe, comprend plusieurs cavités. En fonction du positionnement relatif des transducteurs, les bandes passantes ont été optimisées afin qu'elles se situent en-dehors de la résonance fondamentale de parois. Afin de canaliser et de maîtriser les vibrations, plusieurs moyens ont été utilisés : épaisseur de parois de 66 mm aux endroits stratégiques, fixation des haut-parleurs avec évacuation orientée, blocage des culasses. Les ondes stationnaires ont été éliminées grâce à une succession de multiples « amor-

tisseurs » fonctionnant à base... d'air, supprimant ainsi les traditionnelles colorations dues aux matériaux absorbants utilisés habituellement. Des haut-parleurs spécifiques ont été fabriqués sur cahier des charges et sont appariés et traités avant le montage. Les circuits magnétiques ont été étudiés pour obtenir la plus importante densité de flux possible par opposition la bobine mobile est courte. Les haut-parleurs de grave et de médium sont équipés de membrane kevlar. Afin de tirer toute la quintessence de ce système multi-voies, le filtre, en deux blocs moulés, est le type structure D.R.I.M. (Dual Resonant Intermodulation Minimum). Ces filtres, avec très peu d'éléments, permettent d'avoir des pentes de coupure ultra-rapides susceptibles de varier entre 24 dB et 55 dB/octave. Les composants sont de très faibles valeurs, ce qui a permis de mettre l'accent sur leurs qualités. Ces filtres permettent d'intégrer de nombreux paramètres incluant l'interface avec le comportement des haut-parleurs. Les accords obtenus sont d'une très grande précision avec une phase qui est parfaitement maintenue. Les avantages à l'écoute de ce système sont marquants : diminution très nette des phénomènes classiques d'intermodulation et des colorations qui en découlent, très grande précision dans le placement des interprètes dans l'espace stéréophonique, capacité de traduire toutes les subtilités du jeu mélodique. Rien d'étonnant quand on sait que la finalisation du système à l'écoute, conjointement à toute une série de mesures, a duré près de 8 mois pour le concepteur.

Distribuée par Tetra, 4, avenue Comte Edwin Garin, 06000 Nice - Tél. 93.53.30.90.

## ARCAM

### Type : ALPHA

Prix indicatif : 3 270 F la paire.

La société Arcam est bien connue pour ses électroniques ainsi que ses remarquables lecteurs CD hautement musicaux qui ont remporté en Angleterre la mention de « Best Buy ». Le complément idéal de ces maillons électroniques sont les enceintes Alpha, remarquable petit système travaillant en charge infinie dont la neutralité et surtout l'étagement des plans rendent justice aux interprétations. Ce système deux voies, peu encombrant, de 46 cm de hauteur pour une base de 26,5 x 26,2 cm, bénéficie d'une finition exceptionnelle par rapport à son prix. Le haut-parleur de grave-médium de 20 cm à cône en polypropylène est fabriqué dans les usines Arcam. Le profil de la membrane, légèrement exponentiel ainsi que son traitement, ont permis la restitution correcte des timbres même très proches dans leur structure harmonique. Le puissant circuit magnétique assure une bonne réponse transitoire. Ce haut-parleur est monté sur un baffle-support très rigide en médite pour éviter certaines formes de coloration. A la périphérie de ce haut-parleur, afin d'annuler les effets de retour d'onde par la suspension périphérique, le baffle est taillé légèrement en biseau. Ce grave-médium est relayé au-delà de 2,5 kHz par un tweeter de 25 mm en matériau souple. Lui aussi est chargé par une très légère amorce de pavillon qui élimine les effets de bord et améliore le rendement. Le filtre, à six éléments, est remarquablement conçu pour aligner les

niveaux et surtout obtenir une mise en phase précise. Ainsi, l'Alpha peut couvrir la gamme de fréquences de 55 Hz à 20 kHz avec une linéarité étonnante par rapport à son volume tout en ayant un rendement correct de 89 dB/1 W/1 m. L'impédance nominale de 8 ohms ne posera aucun problème aux petits intégrés musicaux. La restitution sonore est d'une très grande limpidité, sans sonorités caractéristiques de petites boîtes, mais au contraire avec beaucoup d'ouverture et un très bon sens du suivi mélodique. Le prix extrêmement concurrentiel de ces enceintes est enfin un argument de poids à l'heure du choix.

Distribuée par L'Audio Distribution, 20, avenue du Beau Plan, 13013 Marseille - Tél. 91.06.00.23

## AUDIOLINEAR

### Type : HARMONIE

Prix indicatif : 12 590 F la paire.

La société française Audiolinear vient réellement d'innover en matière de charge et de matériaux pour la réalisation d'une enceinte colonne tout à fait remarquable par le naturel de sa restitution. En effet, cette enceinte Harmonie qui se présente comme une colonne de 1,05 m de haut pour 28 cm de large et 32 cm de profondeur a une section en forme de goutte d'eau afin que les ondes sonores ne rencontrent aucun obstacle latéralement et qu'à l'intérieur du coffret l'influence des ondes stationnaires soit amoindrie. L'obtention de cette section en forme de goutte d'eau a été rendue possible grâce à l'utilisation d'un matériau nouveau, mortier de synthèse, mélange de poudre de marbre, de deux résines synthétiques et d'un catalyseur. Ultra-résistant, inerte, ce matériau a permis de mouler les enceintes d'un seul bloc, mais aussi d'obtenir des parois d'épaisseurs variables suivant les exigences des pressions acoustiques internes. La rigidité du coffret est maximale. Cette charge neutre sans aucun effet de bord permet ainsi au haut-parleur de s'exprimer totalement sans exciter certains modes de résonance qui perturbent la réponse transitoire. Le système se compose de deux haut-parleurs de 17 cm pour le grave avec des membranes tressées en kevlar enduites pour linéariser la courbe de réponse et annuler les colorations parasites. Le cache-noyau central en tissu des deux haut-parleurs assure une bonne décompression. Ces deux haut-parleurs fonctionnent en phase acoustiquement jusqu'à 400 Hz et de manière linéaire grâce au couplage mutuel. La charge est de type bass-reflex. Le médium de 13 cm a aussi une membrane en kevlar afin de ne pas avoir de rupture dans la famille des timbres au passage du grave au médium. Au centre, une ogive assure le rôle de diffuseur et d'égaliseur. Ce médium est chargé à l'arrière par un volume décompressé par une fente située à la pointe de la forme cardioïde. Au-delà de 4 500 Hz, un tweeter à dôme hémisphérique prend le relais. Particulièrement efficace, il analyse avec beaucoup de précision les harmoniques supérieurs. A l'écoute, on ne dirait jamais avoir affaire à un système électrodynamique tant la subtilité et le pouvoir d'analyse, l'ouverture et la plénitude sonore font penser à un grand électrostatique qui aurait une capacité dynamique très large. La fluidité du message, l'aisance remarquable à effectuer les différences entre

des natures de timbres assez proches en font un système de référence dans sa catégorie et bien au-delà. La restitution de toute beauté n'est pas entachée des colorations habituelles que l'on rencontre avec des systèmes conventionnels. L'étude des formes et des matériaux jouent un rôle primordial.

Audiolinear, Z.A. de Bel-Air, Rue Claude Chappe, 72230 Ruaudin - Tél. 43.75.70.40.

## AUDIO STYLE

### Type : PREMIUM PRESTIGE

Prix indicatifs : 5 770 F à 7 864 F selon finition.

L'une des plus petites enceintes haute-fidélité dignes de ce nom au monde (18,5 x 12,5 x 12 cm), la Premium Prestige est capable de reproduire avec une extrême linéarité les messages sonores les plus complexes sans que l'on ressente de frustrations aussi bien en niveau sonore qu'en capacité dynamique. Plusieurs types de finitions sont proposés jusqu'aux placages en bois précieux, elles peuvent par leur taille s'intégrer dans tous les types de décors en s'effaçant complètement devant la musique à reproduire. Chacune de ces enceintes, d'un volume de 1 litre, de charge entièrement close mais avec un système d'absorption de l'onde arrière breveté (Asvortex, structure multicouches très complexe) est équipée d'un système à deux voies avec haut-parleur grave-médium de 10 cm placé au sommet de l'enceinte et rayonnant sur 180° et un tweeter d'ultra-haute définition en face avant. De par cette disposition, la localisation spatiale est excellente sans aucun flottement des interprètes et avec une notion de profondeur remarquable. Cette enceinte peut être complétée par un caisson ou deux d'extrême-grave spécialement conçu à son intention, mais aussi travaillée en bi ou tri-amplification conjointement avec les électroniques Carat d'Audio Style. La puissance admissible de ces petites enceintes est de 100 W. La bande passante moyenne de 8 ohms et son rendement élevé par rapport à sa taille ne poseront aucun problème pour les amplificateurs, même les petits intégrés. La bande passante, dans un canal de  $\pm 5$  dB, va de 55 Hz à 25 kHz, performance étonnante si l'on tient compte du volume de charge extrêmement réduit. Elle peut ainsi reproduire les écarts de niveau les plus forts sans talonner mais aussi sans dureté ni agressivité. Un remarquable petit système qui sait se faire discret.

Constructeur : Audio Style France, Gana Vallée, 04310 Ganagobic - Tél. 92.68.07.80.

## B&W

### Type : MATRIX 800

Prix indicatif : 110 000 F la paire.

Ce système sort vraiment de l'ordinaire de par sa taille — près de 2 m de hauteur ! —, son poids — 110 kg —, sa puissance admissible — 800 W —, ses formes dictées par les lois de l'acoustique. La Matrix 800 est équipée de deux haut-parleurs de 30 cm placés symétriquement de part et d'autre et découplés mécaniquement du coffret médium-aigu renfermant deux haut-parleurs de 13 cm et un tweeter de 32 mm. Les charges respectives des deux haut-parleurs de

grave, de forme triangulaire, ont permis de réduire considérablement les résonances parasites de parois et de diminuer les effets néfastes des ondes stationnaires. La rigidité de la structure interne est obtenue par le principe Matrix de cloisonnement sous forme de « casier à bouteilles » avec un très haut pouvoir amortissant. Ainsi, chacune des charges graves est parfaitement inerte et on entend seulement le haut-parleur. En situant les haut-parleurs de grave à différentes hauteurs, les ingénieurs de B&W ont considérablement réduit les phénomènes d'interactions acoustiques entre l'enceinte et la salle d'écoute. Ainsi, les Matrix 800 peuvent même fonctionner correctement dans de petites pièces sans pour autant exciter les résonances fondamentales qui détériorent la qualité et la pureté du grave. La tête médium placée au centre dispose de deux haut-parleurs de 13 cm à membrane en fibres de Kevlar polymérisées et moulées à chaud pour obtenir un fonctionnement en piston sur une large gamme de fréquences et éviter certaines colorations typiques des matériaux synthétiques. Le tweeter à dôme hémisphérique en alliage anodisé possède un rendement très élevé de 97 dB/1 W/1 m et peut produire un niveau de 120 dB à 4 m ! Sa bobine mobile est sur support Kapton et plonge dans un entrefer très étroit avec amortissement par du ferrofluide selon une nouvelle formule, afin d'avoir aussi un effet bénéfique sur la dissipation thermique sans pourtant ressentir de phénomènes de compression sonore. Le découplage du coffret médium par rapport aux deux charges de graves recule beaucoup les phénomènes de distorsion d'intermodulation par voie mécanique. Le filtre possède une réponse linéaire et a été étudié pour un minimum de distorsions et un minimum de pertes d'insertion. Pour les trois cellules de ce filtre, les masses sont séparées, ce qui autorise le tri-câblage. Les fréquences de coupure sont situées à 380 Hz et 3 kHz. L'ensemble du système couvre réellement les fréquences de 20 Hz à 20 kHz dans un canal de 3 dB seulement ! Les taux de distorsion par harmonique pour un niveau de 100 dB peuvent être considérés comme négligeables. Ce très grand système se caractérise par un extrême-grave superbe, sans distorsion, sans lourdeur, avec une bonne continuité en capacité dynamique et en timbre avec le médium-aigu d'un haut pouvoir de définition. L'image stéréophonique est spectaculaire aussi bien en largeur qu'en profondeur avec un respect total de l'esthétique sonore qu'a voulu le preneur de son. La tenue en puissance est ahurissante, la Matrix 800 ne donne jamais l'impression de forcer mais au contraire de vous transposer sur les lieux de l'enregistrement.

Distribuée par Marantz France, 4, rue Bernard Palissy, 92600 Asnières - Tél. 47.90.65.92.

## CABASSE

### Type : COLONNE 135

Prix indicatif : 36 800 F la paire.

Ce système quatre voies à cinq haut-parleurs dans une charge de 218 litres peut être considéré comme une nouvelle référence par l'apport de la technologie nouvelle au niveau des membranes avec dôme rigide pour le tweeter et le haut-médium, dôme nids d'abeille pour le bas-médium, structure alvéolaire pour les deux haut-

parleurs grave. La capacité dynamique extraordinaire de ce système est aussi en relation avec une puissance acoustique uniformément répartie de l'extrême-grave à l'extrême-aigu. Grâce à l'élaboration scientifique du volume de charge interne, la Colonne 135 est équivalente à un système trois voies de très haut niveau directement associé à un caisson d'extrême-grave. Cabasse a défini une configuration de filtre idéal et calculé avec précision le décalage spécifique entre chaque haut-parleur afin de respecter la phase. Dans le grave, on trouve donc deux haut-parleurs de 21 cm, dans le bas-médium un 17 cm à dôme nids d'abeille, dans le haut-médium un dôme rigide de 5,5 cm, dans l'aigu un tweeter à dôme rigide de 2,5 cm. Les fréquences relais de coupure sont situées à 350, 1 200 et 4 000 Hz. La puissance admissible peut atteindre 1 000 W. (Cabasse est le seul constructeur à effectuer des mesures précises en puissance.) Il fabrique tous ses composants et maîtrise toutes les étapes de la fabrication. La restitution sonore des Colonne 135 est grandiose, ultra-précise dans l'analyse des grandes formations orchestrales et cela à n'importe quel niveau d'écoute. Aucun phénomène de tassement dans la dynamique ne peut être perçu même à volume sonore réaliste. Un très grand système capable de rivaliser avec les meilleures productions mondiales. Absolument sans compromis.

Cabasse, Kergonan, 29287 Brest Cedex - Tél. : 98.41.56.56.

## CELESTION

### Type : 700 SPECIAL EDITION

Prix indicatif : 27 000 F la paire.

Quand Celestion a commercialisé la SL 700, cette enceinte a bouleversé les notions établies en matière de système compact de très haut de gamme. Elle est devenue une référence incontestable pour de nombreux critiques du monde entier, pour la recreation d'un espace sonore cohérent en trois dimensions. Sa finesse de restitution, son sens des nuances, vont encore plus loin avec la série Special Edition qui a été améliorée sur plusieurs points importants. Le coffret, hyper-rigide, est réalisé dans la structure Aerolam de type nids d'abeille qui, par rapport à sa masse, procure une rigidité et une absence de coloration très difficile à atteindre avec des matériaux conventionnels. Le haut-parleur de grave-médium de 16,5 cm de diamètre a son cône en matériau synthétique Cobex entraîné par une bobine mobile de plus grande longueur afin d'améliorer la précision des déplacements en conjugaison avec une compliance de suspension nouvelle. Ainsi, la bobine mobile ne risque pas de sortir du champ magnétique. Avec la suspension périphérique en deux pièces, la translation est encore plus linéaire sans les effets de basculement. Ces deux points ont amélioré la capacité dynamique, la tenue en puissance et augmenté le très haut pouvoir de résolution. La balance tonale dans le grave a été revue autour de 100 Hz. La douceur et l'extension des fréquences dans l'extrême-grave n'ont pas d'équivalent pour une enceinte de cette taille. Le tweeter à dôme hémisphérique de 2,5 cm de diamètre, d'un seul tenant avec la suspension, prend le relais au-delà de 3 kHz. Le filtre très complexe lui aussi a été revu en adoptant le principe de filtrage du

troisième ordre pour les passe-bande haut et bas. Le rendement de l'ensemble du haut-parleur a été augmenté sans pour autant que la linéarité en fréquences n'en souffre. Sur des pieds appropriés, conçus par Celestion, les 700 Special Edition avec un large éventail d'électroniques est capable de faire passer toute l'émotion d'une interprétation à niveau domestique tout en ayant une capacité dynamique par rapport à sa taille tout à fait étonnante. La beauté de l'image stéréophonique n'a pas été entamée, bien au contraire les plans sonores s'étagent encore plus en profondeur. C'est réellement l'une des rares petites enceintes qui peut concurrencer de grands systèmes, en abolissant les colorations indésirables de coffret ou de membrane.

Celestion France SA, 37, boulevard Bourdon, 75004 Paris - Tél. 42.77.76.80.

## CONFLUENCE

### Type : LA PASTORALE

Prix indicatif : 24 000 F la paire.

Confluence est certainement un des constructeurs français d'enceintes acoustiques qui a le plus de constance dans la pérennité des modèles qu'il a mis au point et qu'il produit. Il remplace très rarement les enceintes de son catalogue, préférant les conserver et les modifier légèrement au fil des améliorations découvertes au fur et à mesure des années. Cependant, la recherche sur des produits de remplacement est toujours en cours tout en respectant les mêmes critères de sérieux dans la mise au point longue et minutieuse que sur les anciennes enceintes. Ainsi, chaque modèle est conçu pour avoir une expérience de vie bien plus longue que les modèles concurrents afin qu'il ne risque pas de se démoder ou de paraître dépassé. Aussi quand un nouveau modèle est commercialisé par Confluence, tel la Pastorale, il s'agit d'un véritable événement. Cette enceinte réunit les avantages d'un système colonne avec ceux de parois non parallèles caractéristique chère à la marque, grâce à une section en pentagone. La paroi arrière est ainsi supprimée et tous les problèmes qui en découlent. Si les parois verticales ne sont pas parallèles, il en va aussi de même pour les parois inférieures et supérieures car bien qu'extérieurement le plateau supérieur soit horizontal (on peut enfin poser un objet sur un Confluence), la paroi interne qui sépare les charges est inclinée. Le tweeter qui surplombe habituellement les Confluence est ici invisible mais toujours non-bafflé pour éviter les effets de bord et placé à la sortie de l'évent de décompression de la charge grave au-dessous d'un haut-parleur large bande de 21 cm monté au sommet de l'enceinte dans un volume important. Le grave est confié à deux haut-parleurs de 26 cm montés en push-pull et pouvant descendre jusqu'à 28 Hz avec un affaiblissement de -3 dB seulement. Ces haut-parleurs sont coupés au-delà de 100 Hz, totalement en dehors de la bande de sensibilité maximale de l'oreille et afin d'obtenir une excellente cohérence du registre cité plus haut. Ces deux haut-parleurs rayonnent sur les côtés par deux fenêtres. Le haut-parleur médium qui couvre la totalité des fréquences est monté dans une charge décompressée à amortissement apériodique qui cumule les qualités de rapidité, d'équilibre des pressions du bass-reflex

avec le meilleur amortissement de la charge close. Cette enceinte va beaucoup plus loin encore que les autres modèles de chez Confluence avec un filtre gigantesque où les selfs atteignent le poids respectable de 3 kg (!) insaturable. L'écoute aussi est un événement, ceux qui ont pu aller au Salon Hi-Fi 91 s'en sont rendus compte, nous reviendrons très prochainement sur ce système hors des normes traditionnelles, enthousiasmant à plus d'un titre par sa lumineuse transparence, sa cohésion de diffusion sonore, son ouverture extraordinaire.

Confluence, Le Roudier, BP 29, 24110 Saint-Astier - Tél. 53.54.05.55.

## CHARIO

Type :

### HIPER 1X + HIPER SUBX

Prix indicatifs :

Hiper 1X : 10 700 F la paire

Hiper SubX : 11 150 F

Pieds : 2 800 F la paire.

Le système triphonique de grand luxe Chario Hiper 1X et Hiper SubX est certainement le plus beau que l'on puisse acquérir actuellement, mais surtout le plus neutre, le plus précis et le plus dynamique. Sa finition dépasse les critères habituellement rencontrés pour les enceintes acoustiques et entre plutôt dans la catégorie des meubles réalisés par les artisans les plus chevronnés. L'enceinte Hiper 1X est équipée d'un système à deux voies, avec grave-médium de 13 cm en polypropylène mis en mouvement par une bobine de 2,7 cm baignant dans un champ de 1,2 tesla. Ce haut-parleur, construit par Chario, est chargé en bass-reflex. Le magnifique coffret de cette enceinte aux bords arrondis a des dimensions très réduites de 22x32x30 cm. Il est hyper rigide : l'épaisseur des parois dépasse en certains endroits les 3 cm. Il s'agit d'un véritable bloc ultra-compact qui ne risque pas de colorer le son sur les transitoires ou dans le bas-médium. L'aigu est détaillé par un tweeter à dôme hémisphérique souple de 2,5 cm, parfaitement intégré au reste du système, grâce à un filtre bien conçu qui comprend pas moins de douze éléments ! Le caisson de grave que l'on peut placer n'importe où dans la pièce est muni de deux haut-parleurs de 25 cm montés en push-pull. L'un des deux haut-parleurs est chargé en bass-reflex et l'autre rayonne indirectement par sa face arrière sur 180°. Ce système est vraiment idéal car il réunit les avantages des enceintes volumineuses sans leurs contraintes avec celles petites qui donnent une image stéréo précise et vaste. Le naturel des timbres, la puissance acoustique (développée dans le grave qui reste toujours très propre, rapide et qui ne bave pas) sont impressionnants. Le côté aérien procuré par les satellites en parfaite cohésion sonore avec le reste du système est un véritable enchantement. A découvrir avec une bonne électronique, ce système peut rivaliser avec des enceintes nettement plus volumineuses mais qui ne procureront pas cette sensation d'espace extraordinaire.

Distribué par Sadelec France, 28, rue E. Flachet, 75017 Paris - Tél. 42.67.60.22.

## DAVIS

### Type : KASTEL

Prix indicatif : 7 900 F la paire.

Davis Acoustics vient récemment de compléter sa gamme d'enceintes par le modèle Kastel qui se présente sous la forme d'une colonne de 80 cm de hauteur pour 28 cm de profondeur et 23 cm de large. Elle est équipée d'un système à trois voies dont le grave est confié à un haut-parleur de 17 cm de conception Davis. La charge, de type symétrique, assure un bon équilibre des pressions de part et d'autre de la membrane de ce haut-parleur grave placé à mi-hauteur à l'intérieur de l'enceinte. La coupure s'effectue ainsi acoustiquement autour de 150 Hz avec en plus un réseau électrique passif à 18 dB/octave. Ce haut-parleur travaille avec rapidité, élégance dans la restitution du contenu harmonique des notes les plus basses et sans effet d'intermodulation avec le médium-aigu. Le haut-parleur médium est une grande nouveauté de la part de ce constructeur, il s'agit d'un 17 cm à membrane tissée en Kevlar fonctionnant en large bande avec un très haut pouvoir de résolution. Une ogive centrale assure une très bonne dispersion et linéarise les petits accidents éventuels à la périphérie des lobes de directivité pour une meilleure cohésion dans la bande des fréquences de transition avec le tweeter. Ce haut-parleur médium possède sa propre charge décompressée à l'arrière par une série de fentes pour obtenir cette impression de liberté très caractéristique à l'écoute des haut-parleurs montés en baffles-plans. Le tweeter, d'origine Davis lui aussi, a une membrane en Kevlar avec une petite ogive centrale de diffusion. Il est unanimement reconnu pour sa très grande précision et ses possibilités en niveau acoustique. A l'écoute, l'ensemble est superbement cohérent avec un grave très profond présent quand il le faut et qui ne vient pas auréoler le bas-médium par des colorations désagréables. Le médium, ultra-lumineux, totalement libre sur les transitoires, monte instantanément avec une rapidité foudroyante. L'absence de traînage est aussi manifeste. Sur des tests sévères de piano, le toucher de l'artiste n'est pas estompé. Une enceinte qui ne manquera pas de séduire tous ceux qui vont au concert.

Davis Acoustics, 14, rue Béranger, 94100 Saint-Maur-des-Fossés - Tél. 48.83.07.72.

## DYNAUDIO

### Type : SPECIAL ONE

Prix indicatif : 12 900 F la paire.

Pieds : 2 400 F la paire.

L'enceinte Dynaudio Special One réunit sous un volume relativement réduit un système à deux voies ultra-performant capable de recréer sans phénomènes de projection sonore une image en vraie grandeur faisant totalement oublier les transducteurs. Il a été conçu sans aucune limitation au niveau des composants, haut-parleurs et filtres. Ainsi, le haut-parleur de grave de 17 cm a un rapport de 1/2 entre le diamètre de la membrane proprement dite et celui de la bobine mobile. Avec une bobine d'un diamètre aussi important la puissance admissible a pu être augmentée de manière considérable et aux hautes fréquences la sur-

face périphérique du diaphragme est découplée acoustiquement de celle intérieure, ainsi la masse de la surface de rayonnement devient plus petite aux hautes fréquences. On a une dispersion mieux équilibrée et une réponse en phase plus précise, favorable à la précision de l'image stéréophonique. La linéarité de la courbe de réponse ainsi que le contrôle parfait de la phase jusque dans les fréquences élevées est une des pré-conditions pour un filtrage en douceur de type premier ordre 6 dB/octave, primordial pour avoir un passage en douceur avec le tweeter. Celui-ci est le modèle professionnel Esotar 330 D possédant une ventilation interne et une amortissement de la bobine par du ferrofluide dans l'entrefer. La charge arrière amortie progressivement évite les différences de pression entre les deux faces du dôme et élimine ainsi les problèmes de résonances qui se traduisent à l'écoute par des sonorités crispées et agressives. Le filtre, responsable de la distribution des fréquences entre les deux haut-parleurs, utilise des bobines sur air et des capacités de type polypropylène spécialement sélectionnées pour éliminer certaines formes de colorations parasites qui déséquilibrent souvent la balance tonale. L'impédance de charge est particulièrement constante, ce qui facilitera la tâche des amplificateurs. Cette enceinte remarquable posée sur les pieds qui ont été prévus pour elles assure une transcription à la fois chaude et dynamique mais surtout une ouverture sonore incroyable par rapport à la taille de l'enceinte, ainsi qu'un réel étagement des plans sonores en profondeur, variant en fonction des sources. La transcription reste toujours raffinée sans stridence ni sifflantes désagréables. Un très beau système peu encombrant qui pourra aussi bien servir de contrôle ultra-précis en studio d'enregistrement afin que l'ingénieur du son puisse savoir où il en est sur le plan de la phase, qu'en écoute domestique où il enchantera tous les amateurs habitués à l'écoute en direct au concert, par l'ampleur incroyable de la restitution.

Importé par S.I.E.A., 1, boulevard Ney, 75018 Paris - Tél. 40.38.10.29

## EQUATION

### Type : 3

Prix indicatif : N.C.

Ce système trois voies reprend les lignes élancées d'une colonne de 1,10 m de hauteur pour une section au carré de 22 cm de côté. Elle renferme tout le savoir-faire d'Equation Europe afin de satisfaire aux exigences les plus élevées en matière de transcription de haute musicalité. L'un des traits de caractère dominant à l'écoute réside dans la formidable impression d'ampleur sonore peu commune qui fait abstraction totalement des enceintes. Ainsi, on n'est plus face à deux diffuseurs sonores mais à une scène stéréophonique qui s'étale avec majesté et beaucoup de transparence. Cette colonne est équipée d'un système trois voies faisant appel à des haut-parleurs très particuliers quant à leur équipement mobile. Ainsi, le tweeter à dôme inversé est réalisé en porcelaine ultra-fine assurant une transmission des fréquences remarquables tout en étant capable de monter jusqu'à 40 000 Hz, performance peu courante avec un tweeter électrodynami-

que. Le médium, pour son dôme concave, fait appel à la même technique de porcelaine conjointement à un profil de suspension périphérique vraiment révolutionnaire afin que les déplacements s'effectuent de manière linéaire. De par son module d'impédance très régulier, cette enceinte est facile à driver. Le haut-parleur grave qui fait appel à une membrane sandwich de kevlar traité est monté dans un système de décompression qui évite tous les bruits d'écoulement d'air entraînant beaucoup de distorsions. La liaison interne est assurée par du câble haute définition cuivre et argent et chaque système est réellement écouté avant d'être livré. L'esthétique très réussie de ces colonnes permet de les intégrer dans n'importe quel décor sans problème. La puissance admissible de 175 W et la bande passante va de 32 à 35 000 Hz à  $\pm 3$  dB. Le rendement est de 89 dB/1 W/1 m.

Equation Europe, Rue Woeringen, 1000 Bruxelles - Tél. 32.2.513.41.28.

## JM LAB

### Type : 702 ODEON

Prix indicatif : 7 180 F la paire.

Cette toute dernière nouveauté du constructeur français JM Lab constitue le premier modèle de la famille des enceintes colonnes polykevlar de ce constructeur. Rappelons que les membranes en polykevlar K2 ont une structure sandwich de 0,8 mm d'épaisseur ultra-rigide tout en étant très légère. Cette structure est formée de deux couches de fibres de kevlar avec des micro-billes de silice et un liant. Contrairement à bien des structures de membranes synthétiques le polykevlar K2 n'a pas les colorations classiques mais est particulièrement neutre tout en ayant un pouvoir d'analyse très poussé grâce à un bonne vélocité des sons dans la matière. Ce type de membrane équipe le haut-parleur grave ainsi que le haut-parleur médium de ce système 3 voies. Ainsi, le grave bas-médium est confié à un 17 cm muni de cette membrane (qui a fait l'objet de brevets) chargé en bass-reflex avec un accord situé très bas autour de 45 Hz. Le médium, de 13 cm, est placé au-dessus du tweeter pour une meilleure cohérence de diffusion sonore. Il est lui aussi muni de la membrane K2 pour avoir ainsi une même et unique famille de sonorités, toujours favorable à l'écoute par l'impression de nature qui s'en dégage. Il possède sa propre charge pour éviter les risques de surpression et il est relayé par le tweeter à dôme inversé qu'il n'est plus besoin de présenter mais dont le rendement a encore été amélioré. Ces haut-parleurs, conçus et réalisés par Focal, sont parmi les plus beaux transducteurs actuellement disponibles. Les saladiers hyper-rigides, les circuits magnétiques surdimensionnés, la maîtrise totale de tous les paramètres font que JM Lab contrôle de A jusqu'à Z toutes les étapes de la fabrication et de l'élaboration du système. L'enceinte, proprement dite, de type colonne de 87,5 cm de hauteur pour une base de 24 x 25,6 cm, a des côtés à pans coupés pour limiter les phénomènes de diffraction toujours préjudiciables à la stabilité de l'image stéréo. Cette enceinte remarquable fait aussi appel à un filtre répartiteur à pente de coupure très raide (24 dB/octave) aux fréquences 600 Hz et 4 kHz. Elles sont prévues pour le bi-câblage à partir

de quatre borniers plaqués or. Elles peuvent être disposées directement au sol ou par l'intermédiaire de cônes de découplage C1. Leur poids, de 23 kg, donne déjà une idée de la robustesse de construction. La clarté dans l'analyse sonore, la notion d'espace et la stabilité de l'image stéréo sont les points marquants de ce système remarquable par rapport à son prix.

Constructeur : Focal JM Lab, 2, rue Vial, BP 201, 42013 Saint-Etienne Cedex 2 - Tél. 77.43.16.16.

## HEYBROOK

### Type : POINT FIVE SERIE 2

Prix indicatif : 2 820 F la paire.

Heybrook a toujours su proposer de petits systèmes peu onéreux hautement musicaux, non fatigants après des heures d'écoute grâce à un équilibre tonal remarquable et beaucoup d'articulation dans le grave. Appréciés par tous ceux qui vont souvent au concert pour le réalisme des timbres ainsi que la restitution des acoustiques de salle, ces systèmes sont aussi faciles à driver par des petites électroniques. Le petit modèle Point Five Serie 2, ultra-compact (37,5 x 23 x 24,2 cm), dispose d'un système deux voies en charge entièrement close. Le coffret est fabriqué en panneaux d'aggloméré de haute densité, d'une seule pièce, avec des chanfreins en V, collés pour assurer une rigidité exceptionnelle. Le dessus et la base du coffret sont réalisés en panneaux médite de 25 mm qui sont collés sur le caisson principal. L'amortissement et la rigidité sont optimaux. L'amortissement interne a fait l'objet d'un très grand soin afin d'obtenir une bonne balance entre l'absorption des fréquences basses et un filtrage progressif dans le haut-grave médium afin de ne pas étouffer les micro-informations. Le haut-parleur de 16,5 cm de diamètre à membrane en pulpe de cellulose avec suspension périphérique à bord roulé en PVC, produit un son clair, précis. La bobine mobile sur support haute température peut tenir une puissance admissible de 75 W. Ce haut-parleur peut reproduire les fréquences de 50 Hz à 4 kHz avec un minimum de distorsions. La coupure au-delà de cette dernière fréquence s'effectue à raison de 12 dB par octave. Le tweeter à dôme hémisphérique de 2 cm de diamètre en matériau synthétique a sa bobine qui plonge dans du ferrofluide. la fluidité est permanente. Le filtre, monté en l'air, avec capacité de type polypropylène et résistance à film métal n'est pas étranger à la bonne cohésion de phase et la continuité des timbres du haut-médium à l'aigu. Cette enceinte par sa précision d'analyse est capable de transcrire les grandes formations avec aisance malgré sa très faible taille. Elles peuvent servir de référence dans cette catégorie de prix et de volume.

Distribuée par l'Audio Distribution, 22, avenue du Beau-Plan, 13013 Marseille - Tél. 91.06.00.23.

## J.M. REYNAUD

### Type : STUDIO 3

Prix indicatif : 15 000 F la paire.

La gamme des enceintes Studio de Jean-Marie Reynaud bénéficie d'une charge brevetée Isoflex afin d'obtenir, à partir d'une enceinte en forme de colonne prenant très peu de place au sol (18 x 25,5 cm), un

niveau exceptionnel dans le grave avec un minimum de distorsions et un maximum d'accélération sur les transitoires. L'énergie au-dessous de 100 Hz est nettement plus élevée par rapport aux charges classiques. En pratique, l'enceinte Studio 3, sous forme d'une colonne de 1,14 m de haut à trois voies, comprend un haut-parleur grave de 13 cm de diamètre à cône fibres de verre placé à l'intérieur de la colonne et bénéficiant d'un facteur de surtension très bas. Une de ses faces est chargée par une chambre de compression associée à une ligne acoustique repliée de section progressivement croissante. La chambre de compression a pour rôle d'accélérer la vitesse de la masse d'air circulant dans la ligne acoustique et élimine ainsi les défauts caractéristiques de ce type de charge grâce à un temps d'établissement extrêmement rapide et sans traînage. La section interne croissante de cette ligne agit comme un transformateur d'impédance acoustique. Elle offre une impédance élevée au niveau de la chambre de compression et très basse à son embouchure. L'autre face du haut-parleur regarde une double cavité. La première est accordée sur la résonance du couple cavité-haut-parleur grâce à un évent cylindrique qui communique avec l'extérieur et qui agit comme un filtre passe-haut. La deuxième cavité reçoit le second haut-parleur de 13 cm à membrane polypropylène carbone rayonnant en direct et de même diamètre que le haut-parleur de grave. Son facteur de surtension et la fréquence de résonance sont différents de celui du haut-parleur grave. Cette seconde cavité est couplée à la première par l'intermédiaire d'un évent accordé sur sa résonance. Le déplacement des deux membranes s'effectue en phase et se trouve idéalement amorti par le volume d'air généré dans les deux cavités. Ce volume d'air simule ainsi une charge infinie favorable à une excellente impédance motionnelle. L'accord des deux cavités entre elles évite le fonctionnement en tandem des deux haut-parleurs au-delà de 150 Hz. Ainsi, certains phénomènes de désamortissement que l'on rencontre avec des charges de deux haut-parleurs placés en tandem l'un derrière l'autre ne risquent pas de se produire. La courbe d'impédance est pour ainsi dire plate. Ainsi les deux haut-parleurs peuvent-ils produire dans le grave un niveau impressionnant par rapport à la taille de l'enceinte. La qualité de ce grave est superbe, il suffit d'écouter un jeu de timbales ou une contrebasse acoustique sur les Studio 3 pour se rendre compte de la qualité des attaques et de la vérocité des timbres. Un très grand système qui ne prend guère de place, capable de reproduire une image stéréo d'une profondeur incroyable, prouvant là aussi une parfaite maîtrise des lois immuables de l'acoustique.

Distribué par Fender France, 6, rue Fouilloux, 94200 Ivry-s/Seine - Tél. 46.71.00.22.

**JBL**

**Type : TLX 12**

**Prix indicatif : 2 580 F la paire.**

Avec la série TLX, la firme californienne JBL a mis à la portée du plus grand nombre les extraordinaires qualités de dynamique, de précision, de délié de ses modèles haut de gamme. Ainsi, sur le premier modèle de cette gamme, la TLX 12, il est fait appel à un

système à deux voies, avec un dôme en titane pur de 25 mm de diamètre à suspension « diamant » et un haut-parleur grave-médium de 16,5 cm à membrane polymère laminée. Le dôme en titane a été développé pour les haut-parleurs de la série professionnelle JBL pour procurer des sonorités de grande limpidité, avec un respect total des harmoniques supérieurs. Ce matériau réunit deux caractéristiques contradictoires, légèreté et rigidité, tout en ayant une excellente transmission des sons dans la matière. Grâce à un procédé nouveau de mise en forme d'un film titane de 25 µm d'épaisseur sous une pression d'azote, JBL a pu obtenir un dôme parfait sans rupture de structure tout en le nervurant afin qu'il fonctionne en piston parfait. Grâce à la géométrie particulière des rainures, ce dôme de 25 µm d'épaisseur en titane est aussi résistant qu'un de 250 µm d'épaisseur. La réponse en fréquence s'étend de manière linéaire bien au-delà de 20 kHz avec une distorsion très faible. Le haut-parleur de grave-médium de 16,5 cm, le cône en fibres laminées liées à des polymères offrent un excellent comportement aux basses et moyennes fréquences, cela, même pour des pressions acoustiques élevées. Enfin, le coffret présente des pans coupés à angle de 30° pour minimiser les effets de diffraction. De plus le baffle-support est recouvert d'un matériau absorbant. Cette enceinte, par rapport à son prix, est remarquable par la netteté des attaques, l'articulation des notes dans le grave, la richesse des informations dans le haut-médium aigu toujours ultra-piqué et précis. Ce petit système de 38 x 23 x 24,2 cm reste fidèle à la tradition de ce constructeur légendaire tout en étant de prix abordable.

Distribué par Harman France, Péripole 243, 33, rue du Mal de Lattre de Tassigny, 94127 Fontenay-ss-Bois Cedex - Tél. 48.72.11.44.

**KLIPSCH**

**Type : HORN ANNIVERSARY**

**Prix indicatif : selon finition de 28 000 à 64 000 F la paire.**

Pour fêter dignement le demi-siècle (!) de cette enceinte, P.W. Klipsch, fringant jeune homme de 83 ans, propose le modèle Anniversary qui reprend fidèlement les caractéristiques de la Horn mais avec une finition luxueuse ainsi que de nombreuses améliorations de détails que ce soit au niveau du filtre ou du câblage. La Horn fait appel à un pavillon replié pour charger par l'avant un haut-parleur grave de 38 cm à suspension périphérique très raide. L'émission avant est en fait dirigée vers deux pavillons repliés parallèles qui débouchent chacun après deux retours vers les côtés latéraux de l'enceinte. Ce pavillon doit être naturellement prolongé par les murs adjacents quand l'enceinte est placée en encoignure. Avec ce principe de charge, la puissance acoustique est sans commune mesure par rapport aux autres enceintes conventionnelles à rayonnement direct avec un rendement incroyable de 104 dB/1 W/1 m. La chambre de compression médium, totalement redessinée, ainsi que le pavillon de charge pour éviter toute sonorité de « cloche », apportent une précision d'analyse surprenante. Le tweeter, à compression lui aussi, est placé au-dessus

du pavillon médium et ainsi évite les problèmes de diffraction fort préjudiciables à la focalisation précise de l'image stéréo. La qualité de fabrication est exceptionnelle, surtout si l'on tient compte du nombre incroyable de pièces en bois nécessaires à la réalisation du pavillon grave.

A l'écoute de ce dernier modèle, en dehors de la capacité dynamique qui laisse loin derrière la plupart des enceintes acoustiques à rayonnement direct, c'est l'absence de colorations de pavillon qui étonne le plus. En effet, la mise en phase est si précise que l'on n'a plus affaire à un « canon sonore » mais à un système qui s'efface devant une scène sonore hyper-large et non projetée en avant. Ce système à la personnalité affirmée doit être écouté avec attention pour se rendre compte des réelles possibilités en dynamique des enregistrements modernes, ainsi que du splendide étalage des plans sonores.

Distribuée par General Radio, 75, rue de Tolbiac, 75013 Paris - Tél. 45.86.61.09.

## KEF

### Type : 105/3

Prix indicatif : 25 000 F la paire.

La Kef 105/3 est un système colonne de 1,10 m de hauteur pour une largeur de 28 cm et une profondeur de 40,5 cm, faisant appel à pas moins de cinq haut-parleurs dans une configuration très sophistiquée. En effet, deux haut-parleurs de grave de 21 cm sont montés dans une charge à double cavité couplée et la tête médium-aigu renferme deux 16 cm bas-médium encadrant un haut-parleur coaxial de 16 cm dit « uni-Q » qui fait coïncider selon un même axe un tweeter à dôme de 25 mm et un médium de 16 cm. Le filtre très complexe est en deux parties distinctes avec masses séparées autorisant le bi-câblage.

Les deux haut-parleurs de grave travaillent en push-pull, le rayonnement s'effectuant par une embouchure circulaire de 16 cm de diamètre. Une tige métallique passe par les centres des circuits magnétiques pour maintenir une tension mécanique entre les deux haut-parleurs. Cela élimine nombre de colorations. Les haut-parleurs bas-médium ont chacun leur charge entièrement close. Ces haut-parleurs disposent de membranes en polypropylène et de circuits magnétiques ultra-puissants. Le haut-parleur coaxial médium-aigu, identique dans sa structure aux deux bas-médium, a le centre de ses pièces polaires évidé afin de loger le tweeter de 2,5 cm de diamètre ainsi que son propre circuit magnétique en néodymium. A l'écoute cette enceinte se caractérise par une très grande neutralité tout en étant dynamique et douce à la fois. L'extrême-grave descend très bas avec puissance et énergie et reste parfaitement cohérent avec le bas-médium. Le naturel de la transcription est dans la lignée des autres enceintes Kef : remarquable. La mise en place de l'image stéréo s'effectue sans modification en fonction du niveau sonore. Une enceinte étudiée avec le plus grand soin et dont on ne se lassera pas à l'écoute.

Distribué par Major Diffusion, Route Nationale 307, 78810 Feucherolles - Tél. 30.54.50.00.

## MULIDINE

### Type : TRIFONIC

Prix indicatif : 13 600 F.

Il est toujours difficile de réaliser un système triphonique qui soit parfaitement cohérent. Pourtant, M. Rochet de Mulidine a su créer un système où il n'y a pas de rupture dans la continuité des timbres ni dans la dimension géométrique des instruments en passant du caisson d'extrême-grave aux deux satellites. On a ainsi tout l'impact saisissant d'un grave profond, sans trace d'intermodulation avec les satellites et une très grande précision sur les attaques qui ne sont pas troublées par des colorations diverses de parois de coffret. En effet, Mulidine, fort de ses brevets de charges particulières, a réussi à annihiler les phénomènes de réflexion des ondes stationnaires à l'intérieur des coffrets tout en récupérant parfaitement en phase l'énergie de l'onde arrière. Son système, très complexe, de filtres acoustiques à multiples petits tuyaux de diamètre différents placés dans un bloc de plâtre linéarise parfaitement les mini-accidents de la courbe de réponse tout en rigidifiant le coffret. Le système Triphonic est composé d'un caisson de grave de dimensions raisonnables (60 x 55 x 30,5 cm) rayonnant de manière omnidirectionnelle et de deux satellites (18 x 38 x 25 cm) équipés d'un système à deux voies. Les trois éléments reprennent le principe de charge décrit plus haut avec cependant de nouveaux haut-parleurs parfaitement adaptés aux différents volumes ainsi qu'au principe de charge spécifique de ce constructeur. La puissance admissible est élevée, de l'ordre de 100 W et le rendement est de 92 dB/1 W/1 m. On peut ainsi dans un minimum d'espace accéder à une restitution de grande propreté sans être frustré par un manque de grave. Une restitution dans la lignée des grands modèles de Mulidine qui sait faire passer toute l'intensité du message musical.

Mulidine, 29, Chemin de Moly, 69230 Saint-Genis-Laval - Tél. 72.39.91.55.

## MARTIN LOGAN

### Type : QUEST

Prix indicatif : N.C.

Martin Logan, depuis quelques années s'est taillé une part enviable sur le marché des haut-parleurs électrostatiques large bande de très haut de gamme. Avec son dernier modèle hybride, Quest, il reprend mais avec une surface rayonnante plus grande le principe appliqué sur la célèbre Sequel. La difficulté dans un système hybride réside dans le pouvoir d'accélération du haut-parleur grave qui doit être à celui du transducteur électrostatique qui le relaye si on ne veut pas écouter un système manquant de cohérence dans la continuité des timbres et la propreté des transitoires. Aussi, Martin Logan a-t-il étudié un haut-parleur électrodynamique avec un aimant surpuissant, une très large bobine mobile et un diaphragme qui travaille en piston parfait jusqu'à 100 Hz mais restant cependant linéaire jusqu'à 2 000 Hz. La charge a été étudiée afin d'obtenir le maximum de rigidité ainsi qu'un amortissement parfait des vibrations. Le résultat : un grave tendu, qui descend réellement jusque dans l'extrême-grave à

28 Hz à -2 dB (!) avec une vitesse extrême puisque la vitesse de ce « woofer » à 50 Hz est de 6,3 ms.

Le filtre a été prévu pour pouvoir réaliser le bi-câblage. Un contrôle de niveau ajuste la courbe de réponse entre 60 et 150 Hz à -3 dB. De même, pour l'élément électrostatique, un commutateur de présence permet d'ajouter +2 dB dans la bande 1 000 à 5 000 Hz. Le grand élément électrostatique de forme curviligne pour une dispersion parfaite sous un angle horizontal de 30° et vertical maintenu à 4° reprend le principe des grandes grilles d'électrodes isolées perforées avec film en mylar de très faible épaisseur maintenu uniformément tendu. Ce grand système de 1,30 m de haut pour 47 cm de large et 32 cm de profondeur est capable d'une analyse d'une transparence et d'une définition inouïes. Facile à driver grâce à un rendement assez élevé de 90 dB/1 W/1 m et une impédance moyenne de l'ordre de 8 Ω, ce système hybride peut encaisser des puissances colossales sans risque de flahage et avec un minimum de distorsion. La bande passante totale du système s'étend de 28 Hz à 24 kHz à -2 dB. Il faut vivre l'expérience d'un tel système pour se rendre compte de la différence qui sépare les bonnes enceintes de celles qui font réellement de la musique et qui vous plonge au cœur des interprétations sans gommer aucune des subtilités qui font passer l'émotion.

Distribué par Audio Quartet, 2, rue de Penthievre, 75008 Paris - Tél. 47.42.04.05.

## ONKYO

### Type : SCEPTER 2002

Prix indicatif : 19 900 F la paire.

Avec le système de référence GSI, les ingénieurs de Onkyo ont prouvé leur maîtrise des systèmes à pavillon de dimensions compactes de haute efficacité mais en éliminant les formes de coloration typiques de ce principe de charge. Avec une telle expérience d'enceintes réalisées sans considération de prix, ils ont pu mettre au point un système 2 voies de dimensions plus réduites et de prix encore abordable : la Scepter 2002. Cette enceinte colonne de 1 m de hauteur comprend une section grave équipée d'un haut-parleur à rayonnement direct de 28 cm en charge bass-reflex avec évent débouchant à l'arrière et une tête médium-aigu renfermant une chambre de compression plus un pavillon de forme elliptique totalement inerte dont la formule d'expansion a été étudiée afin de limiter les réflexions internes parasites. Le filtre assure une transition imperceptible entre les deux transducteurs grâce à des pentes choisies en fonction des caractéristiques de chacun des deux haut-parleurs et avec une attention toute particulière concernant le maintien de la phase. Le haut-parleur de grave possède une membrane dans une nouvelle structure, mélange de micro-fibres de cellulose issues de la bio-technologie et de fibres naturelles sélectionnées avec aussi des micro-fibres de verre. Cette savante composition procure une grande neutralité au toucher, aucune sonorité de carton ne vient troubler la réponse, tout en ayant une excellente transmission des sons dans la matière. La tête médium-aigu avec sa chambre de compression à diaphragme à base de magnésium et d'aluminium et suspension tangentielle procure une réponse linéaire jusque dans les fré-

quences élevées qui évitent ainsi d'utiliser un tweeter. La réalisation du pavillon en béton de synthèse a éliminé les résonances de cloche. A l'écoute, ce système est d'une limpidité extraordinaire. Son pouvoir de différenciation entre les sonorités très proches dans leur structure harmonique ou en niveau n'a pas d'égal. Sa réponse transitoire est ultra-rapide et la transparence de son médium-aigu ne méritent que des éloges. Ce système en écoute domestique apporte toute l'intensité des interprétations grâce à son sens des nuances sonores aussi bien pour les niveaux que les timbres.

Onkyo France, Immeuble Le Diamant, Domaine Technologique de Saclay, 4, rue René Razel, Saclay, 91892 Orsay Cedex - Tél. 69.41.35.10.

## QUAD

### Type : ESL 63

Prix indicatif : 29 000 F la paire.

Les Quad ESL 63 sont devenues des classiques en matière de transducteurs électrostatiques de grande linéarité mais surtout dont la phase est d'une telle précision qu'elle permet de se rendre réellement compte du positionnement exact des interprètes dans l'espace. Avec les ESL 63, on n'écoute plus un haut-parleur, on est en face d'une image sonore réaliste dans les trois dimensions sans les colorations désagréables de coffret ni celles de mylar de certains haut-parleurs électrostatiques. Il n'y a pas de secret : l'expérience de Quad est incomparable dans ce domaine des transducteurs, garant aussi d'une fiabilité hors pair ainsi que de la reproductibilité des performances d'un modèle à l'autre. Ce haut-parleur électrostatique se présente avec des électrodes annulaires concentriques qui sont attaquées chacune par l'intermédiaire d'une ligne de retard constituée par un réseau RC. Le film mylar est tendu entre ces électrodes. Une source fictive grâce à ce procédé se crée en arrière-plan des enceintes avec une phase parfaitement maintenue quelle que soit la fréquence reproduite. Grâce à ce procédé, on oublie totalement les enceintes au profit de l'image stéréophonique reproduite. La vérité des timbres transporte d'enthousiasme. Ce transducteur n'a pas pris une seule ride, il peut encore en remonter à bien d'autres panneaux électrostatiques qui, bien souvent n'arrivent pas recréer cette illusion sonore de relief faute d'une mise en phase aussi rigoureuse.

Distribué par ATL, 171, avenue André Maginot, 94400 Vitry-sur-Seine - Tél. 45.73.00.57.

## PRO-AC

### Type : RESPONSE THREE

Prix indicatif : 41 000 F la paire.

Ce constructeur anglais propose une gamme de trois modèles sous le nom de Response. Les ingénieurs de cette firme se sont particulièrement attachés à la fidélité des timbres, et la précision du placement des musiciens au sein de l'espace stéréophonique. Les trois modèles, Response One, Two, Three, bénéficient d'une finition exceptionnelle et de haut-parleurs spécialement étudiés pour obtenir une grande neutralité sonore. La Response Three établit un nouveau standard en matière de stabilité de l'image stéréo et de pro-

fondeur des plans sonores tout en ayant une très grande capacité dynamique afin de faire face, sans stress mécanique aux pointes de modulation les plus violentes. Cette enceinte, de type monitor à poser au sol, d'un peu plus d'un mètre de hauteur, pour 27 cm de large et 31 cm de profondeur est équipée d'un système 2 voies. Le grave-médium de 17 cm à membrane en polypropylène et châssis en alliage léger amorti a été étudié en conjonction avec le fabricant de haut-parleurs danois Scanspeak. Le montage de la bobine mobile, des pièces polaires, du cache-noyau central, de l'aimant est très précis. Le tweeter, de 2,5 cm de diamètre, de type à dôme hémisphérique est entièrement traité par un revêtement spécifique pour annuler tout phénomène de coloration parasite. Sa bobine mobile plonge dans du ferrofluide pour un amortissement optimal et une bonne évacuation des calories. Le filtre de répartition des fréquences a été défini en fonction d'une mise en phase ultra-précise en tenant compte aussi du placement des deux haut-parleurs. Le recouvrement entre les deux transducteurs s'effectue de manière imperceptible. Le coffret, afin qu'il ne résonne pas, est fabriqué selon les standards de qualité les plus élevés avec des parois de 2,5 cm et un amortissement interne très particulier en forme de dièdres successifs. Comme les Response Two, les Response Three peuvent être bi-amplifiées.

Importé par C2R, 6, rue Poirier de Narcay, 75014 Paris - Tél. : 45.39.44.89.

## REHDEKO

### Type : RK 115-4S

Prix indicatif : 6 200 F la paire.

Les réalisations de M. Weber Rehde tranche radicalement avec les enceintes acoustiques électrodynamiques conventionnelles. Ses enceintes sont orientées vers le maximum d'intelligibilité à n'importe quel niveau sonore avec une capacité dynamique (en rayonnement direct, sans pavillon) qui dépasse toutes les normes couramment admises. Le modèle ultra-compact RK 115-4S est naturellement dans la ligne créatrice de ce concepteur infatigable. En effet, sous un volume très raisonnable de 42 x 34 x 28 cm, le rendement de cette enceinte est de 104 dB (!) / 1 W / 1 m. Le niveau maximal peut atteindre plus de 120 dB avec un minimum de distorsion par intermodulation. Elle est équipée d'un haut-parleur large bande à très haut rendement muni d'un cône central spécialement destiné à la diffusion de l'aigu sous un angle de dispersion bien contrôlé. Ce haut-parleur exceptionnel possède un saladier très rigide en fonte d'aluminium pour éliminer les résonances et bien dégager la membrane à l'arrière pour éviter les effets tourbillonnaires. Le support de bobine mobile assure une dispersion optimale des calories. La membrane reçoit un traitement spécifique à Rehdeko sous forme de secteurs triangulaires qui a pour rôle de lisser les petites imperfections de la courbe de réponse et produire une transcription, de grande limpidité. Par l'absence de filtrage, la réponse en phase est excellente, on retrouve de nouveau cette sensation unique de liberté sonore sans les contraintes apportées par le filtre. Le haut-parleur est monté par l'intermédiaire d'inserts métalliques sur le baffle-

support, avec un joint d'étanchéité. Le bornier de raccordement avec fiche banane plaquée or à 9 lamelles de contact est relié directement au haut-parleur par du câble de haute définition. Rehdeko a toujours soigné ses ébénisteries : les parois sont en contreplaqué multiplis d'une épaisseur de 20 mm et d'une exceptionnelle densité. Le poids de 11 kg atteste de la robustesse de l'ensemble. Plusieurs finitions sont disponibles : bois ou satiné noir. A l'écoute on retrouve naturellement les grands traits de caractère qui ont fait le succès des enceintes Rehdeko, à savoir : très grande capacité dynamique à tous niveaux d'écoute, même à faible volume sonore pour ne perdre aucun détail, réponse transitoire très propre, diminution très nette des phénomènes d'intermodulation, grande ouverture. Particulièrement faciles à driver, ces enceintes à la très forte personnalité traduisent une orientation vers la transcription d'un message sonore vivant et réaliste.

Rehdeko, 34, rue des Cerisiers, 25550 Bavans - Tél. 81.96.26.15.

## SONY

### Type : LA VOCE

Prix indicatif : 9 000 F la paire.

Sony, l'innovateur, s'est attaqué aux enceintes acoustiques de grande neutralité avec des idées nouvelles sur les matériaux de base des membranes. Fort de son expérience avec les transducteurs du casque sans compromis King, il a réédité cet exploit de faire appel à la bio-technologie et aux bactéries acéto-bacters pour tisser la membrane du tweeter équipant la Voce. Ce matériau bio-cellulaire évite les problèmes de résonances désagréables, de fractionnement brutal de la surface de rayonnement tout en étant à la fois léger et rigide. De plus, la vitesse de transmission mécanique interne des sons est proche de celle de l'aluminium, trois fois supérieure à celle de la pulpe de papier et dix fois celle du béryllium. Le dôme de ce tweeter, de 2,5 cm de diamètre (qui a coûté une fortune à Sony à mettre au point et à produire) est réalisé en une seule pièce, suspension comprise. La bobine est réalisée en fil de cuivre plat sans oxygène de grande pureté. Avec son circuit magnétique au strontium, il est capable de reproduire des fréquences au-delà de 2,5 kHz de manière linéaire sans distorsions. Le haut-parleur de grave-médium est un 20 cm avec membrane en pulpe de cellulose fabriquée « à l'ancienne » avec la suspension périphérique à petits plis. Cette enceinte, d'un volume de 40 litres, de 61 cm de hauteur pour 31,5 cm de large et autant de profondeur, dispose d'un filtre optimisé qui assure une transition imperceptible. A l'écoute, ce système se différencie par l'absence de colorations dans le grave, une fusion parfaite entre le haut-médium et l'aigu, des sonorités à la fois douces et légères, une réponse transitoire rapide et un sens étonnant du rendu des ambiances sonores. Ces enceintes sont absolument fascinantes, passant selon les enregistrements avec beaucoup de souplesse de la violence extrême à une délicatesse non affectée. Une splendide réussite qui prouve tout l'intérêt que l'on doit porter à la bio-technologie et à ses nouvelles structures qui échappent aux défauts des matériaux synthétiques

Sony France, 15, rue Floréal, 75017 Paris - Tél. 40.87.31.28.

## TRIANGLE

### Type : OCTANT

Prix indicatif : 24 800 F la paire.

La panneau baffle-plan Octant a bénéficié des études menées sur le grand système Latitude. Quatre années de recherche au sein d'un laboratoire ultramoderne et de nombreuses heures d'écoute comparative ont permis de mettre au point ce panneau de taille raisonnable (1,50 m de haut pour 42 cm de large et 9,4 cm d'épaisseur) fonctionnant en doublet acoustique mais capable de reproduire une bande passante étendue jusque dans le grave et avec un rendement élevé. Au cahier des charges de ce panneau figurait aussi une tenue en puissance 150 W en crête pour obtenir une capacité dynamique de 118 dB (!) en écoute stéréophonique. Ce panneau reprend l'idée du haut-parleur médium devant fonctionner en large bande afin qu'aucun filtre ne soit insérer entre lui et l'amplificateur. Si l'obtention d'un rendement de 94 dB/1 W/1 m est relativement facile à réaliser avec un haut-parleur large bande de 17 cm de diamètre, il faut par contre bien cerner les éventuels problèmes de réponse dans le grave avec le court-circuit acoustique qui peut se produire sur les côtés du baffle. Etant donné que la surface du baffle-support de l'Octant est deux fois plus réduite que celle de la Latitude, Triangle a spécialement développé un haut-parleur dont la fréquence de résonance est beaucoup plus basse. Pour ce faire, une nouvelle suspension en tissu enduit autorisant des débattements plus importants et abaissant la fréquence de résonance a été étudiée. Ce haut-parleur médium est aidé dans le grave par d'autres haut-parleurs de même type sans pour autant que l'équipage mobile soit alourdi. Ainsi, avec cette configuration, Triangle a homogénéisé la famille des timbres, ce point est très important et très souvent oublié par de nombreux constructeurs qui produisent des systèmes manquant de naturel car, en passant du grave au médium, les timbres ne paraissent plus sortir du même instrument ! Le filtrage dans le grave est du deuxième ordre afin de créer une surtension et de gagner du niveau dans les basses fréquences. La réponse dans le grave est excellente avec une coupure de -3 dB seulement à 50 Hz. Le tweeter, qui détaille les fréquences supérieures, est un modèle avec petit dôme de 15 mm de diamètre associé à une amorce de pavillon. Etant donné le travail en large bande du médium, ce tweeter est coupé très haut, à 13 kHz, à raison de 6 dB/octave. Le système ainsi composé renferme donc trois haut-parleurs dans le grave Triangle 608, un haut-parleur médium, un tweeter. Il peut ainsi couvrir la bande de fréquences de 50 à 22 000 Hz à  $\pm 3$  dB tout en étant capable d'un niveau acoustique maximum de 116 dB ! L'impédance est de 8 ohms et la puissance admissible de 150 W. Ce panneau se caractérise par une légèreté et une rapidité de réponse enthousiasmante d'un bout à l'autre du spectre. Il combine à la fois les avantages des transducteurs-plans (isodynamiques, électrostatiques) par l'absence de colorations de boîte tout en ayant une énergie sonore sans comparaison en particulier dans le grave et le bas-médium. Contrairement à bien des panneaux, l'image stéréo reste stable et on n'assiste pas à un mouvement de va-et-vient entre les

solistes et l'orchestre en arrière-plan.

Triangle Industrie, 6, rue Jules Ferry, 02200 Soissons - Tél. 23.73.05.02.

## TECHNICS

### Type : SB-MX 200

Prix indicatif : 40 000 F la paire.

Avec la SB-MX 200, Technics vient de commercialiser un système 3 voies de très haute technologie faisant appel, pour les membranes des haut-parleurs, à des diaphragmes en mica pur. Ce matériau possède de très nombreuses qualités : masse très faible par rapport à la rigidité, absence de colorations propres, fonctionnement en piston sur une large gamme de fréquences, grande richesse de timbres et tenue mécanique contre les risques de cassures nettement supérieure aux diaphragmes conventionnels en papier ou polypropylène. Afin d'éliminer les colorations parasites de coffret, Technics a innové en utilisant des baffles-supports séparés pour chacun des trois transducteurs. L'épaisseur différente des baffles (30 mm pour le haut-parleur grave, 45 mm pour le médium et 40 mm pour le tweeter), non seulement améliore la rigidité mais supprime aussi la transmission des vibrations indésirables. Les bords du baffle sont légèrement arrondis afin de faciliter l'écoulement des ondes de part et d'autre. L'enceinte intérieurement est renforcée par deux cadres prenant appui sur les faces opposées et cela en croix. Ce système casse aussi la formation d'ondes stationnaires à l'intérieur même de l'enceinte. Le filtre de répartition des fréquences est en deux sections sans masse commune entre celle de grave et celles de médium-aigu, autorisant ainsi le bi-câblage. Les capacités surdimensionnées, spécial audio, ont été sélectionnées sur des critères de musicalité. Le haut-parleur de grave, de 27 cm de diamètre, a donc un cône en mica pur qui reçoit un revêtement en laque pour éliminer toutes les petites résonances parasites qui, en s'accumulant, perturbent la réponse transitoire et la clarté du message. Le médium de 6 cm utilise la même structure en mica pur que le grave. La bobine mobile de 6 cm de diamètre assure un fonctionnement en piston jusqu'à plus de 10 kHz. La configuration symétrique du circuit a contribué à réduire toutes les formes de distorsion. Le tweeter à dôme hémisphérique de 2,5 cm a reçu un dépôt en diamant synthétique suivant une technologie plasma. Cela a permis l'extension de la reproduction jusqu'à 45 kHz ! La puissance admissible du système s'élève à 125 W et le rendement est de 88 dB/1 W/1 m. Les dimensions, 38 x 86,3 x 41,5 cm, la rendent aisément logeable dans tous types d'intérieur. Le poids de 86 kg donne déjà une idée de la robustesse de fabrication et de la qualité des composants. Cette enceinte se caractérise par une analyse très poussée des moindres détails sonores, ainsi que par l'extraordinaire stabilité de son image stéréo. Le recul très net de toutes les formes classiques de distorsion en font un système que « l'on n'entend pas » et qui s'efface devant la musique à reproduire. Elle démontre de manière flagrante tous les apports d'une haute technologie pour une restitution musicale vraie.

Technics, 270, avenue du Président Wilson, 93218 La Plaine-St-Denis-Cedex - Tél. 49.46.43.00.

**A.H.L.**

## **Type : TOLTEQUE SPECIAL EUROPE**

**Prix indicatif : 260 000 F la paire.**

Le transducteur Toltèque ionique à plasma froid, large bande, a déjà fait couler beaucoup d'encre. Ce système de 2,50 m de haut pour 1,45 m de large et 80 cm de profondeur et d'un poids de 250 kg réunit plusieurs cellules ioniques identiques. Chaque cellule se compose d'un fil porté à un potentiel élevé par rapport à une électrode plane. Ainsi s'effectue la ionisation de l'air. Les ions de potentiel identique à celui du fil sont repoussés vers l'électrode plane. Par collision avec des atomes sur leur passage, il leur arrache des électrons, lesquels ionisent d'autres atomes, on assiste à la création d'un courant électrique associé à un vent ionique. Il suffit donc de moduler par le signal musical la valeur moyenne de polarisation pour générer une onde acoustique. Ce transducteur n'a ni membrane, ni équipement mobile, ni filtre. Mais, Toltèque a élargi sa gamme de systèmes à des modèles électrostatiques large bande dont le Special Europe reprenant le même cadre que le modèle ionique. Cette enceinte est composée de dix cellules large bande électrostatiques capables de tenir une puissance en continu de près de 500 watts. Le rendement est de 87 dB/1 W/1 m et le niveau sonore maximum très élevé pour ce type de transducteur. La finesse de restitution, la transparence, le pouvoir d'analyse très poussé font de ce grand panneau électrostatique une véritable référence. Toltèque s'attaque ainsi à tous les principes de transduction mettant en œuvre un équipement mobile de masse négligeable afin d'éviter toutes formes de coloration parasite, de traînage et pour une réponse transitoire la plus rapide possible.

Constructeur : A.H.L., 212, rue de Pressensé, 30311 Alès Cedex - Tél. 66.56.94.21.

## **TANNOY**

### **Type : SYSTEM 8 NFM**

**Prix indicatif : 7 520 F la paire.**

Rappelons que Tannoy est le pionnier du haut-parleur coaxial dont il maîtrise toute la technologie et la production. Par le principe de faire coïncider selon un même axe une chambre de compression médium-aiguë et un haut-parleur grave bas-médium les ingénieurs de cette firme obtiennent une dispersion spatiale homogène sans les formes de distorsions « géométriques » qui font, la plupart du temps, entendre le grave au niveau du plancher et le médium-aigu se promenant en hauteur sans aucun lien apparent entre les deux. Sur le système 8 NFM, de petites dimensions (51 x 35 x 28 cm), on retrouve naturellement un haut-parleur coaxial de 21 cm de diamètre à cône polypropylène avec au centre l'amorce de pavillon du haut-parleur aigu qui se prolonge naturellement par la forme exponentielle de la membrane de la section grave. Le circuit magnétique de 12 cm de diamètre est réservé au boomer et un deuxième circuit magnétique de 7 cm à la chambre de compression. Celle-ci est équipée d'une membrane en duralumin très rigide et légère à la fois avec suspension périphérique par un anneau

moulé en caoutchouc synthétique très étroit. La résonance principale de l'équipage mobile a pu être ainsi rejetée en dehors des fréquences audibles au-delà de 25 kHz. L'amortissement et le refroidissement de la bobine sont réalisés par du ferrofluide introduit dans l'entrefer. La pièce de mise en phase, primordiale sur un tweeter à chambre de compression, est constituée d'anneaux concentriques usinés avec précision pour obtenir un guide d'ondes sans obstacles vers l'amorce de pavillon. Cette nouvelle géométrie a permis de réduire certaines formes de distorsion dues à haut niveau entre la membrane et la pièce de mise en phase à des phénomènes de non linéarités de pression de l'air.

L'ensemble est monté dans un coffret ultra-rigide avec charge bass-reflex. Le filtre, monté à l'arrière, autorise le bi-câblage, les masses étant séparées pour les deux cellules de filtrage. L'impédance nominale de 8  $\Omega$ , le rendement élevé de 93 dB/1 W/1 m faciliteront l'adaptation avec une large gamme d'électroniques allant de 20 à 200 W. A l'écoute, ce système diffère parfaitement les timbres les uns des autres, procurant une intelligibilité extrême avec une absence totale de traînage. Sur les percussions, l'impact est saisissant de vérité. La ponctualité des sources dans l'espace est une référence en la matière grâce au principe coaxial. Universelle d'utilisation, elle se défend aussi bien sur de la musique classique que sur du jazz ou de la variété.

Distribué par Hamy Sound, 28, rue Edith Cavell, 92400 Courbevoie - Tél. 47.88.47.02.

## **WHARFEDALE**

### **Type : COLERIDGE**

**Prix indicatifs :**

**8 300 F la paire + pieds : 2 600 F la paire.**

Wharfedale est l'un des plus anciens fabricants de haut-parleurs et constructeurs d'enceintes acoustiques. Son nom est lié à des systèmes légendaires qui ont marqué les grandes étapes de l'évolution de la haute-fidélité. Récemment, les différentes versions de la Diamond ont enchanté les connaisseurs qui apprécient la justesse des timbres et la finesse d'analyse. Cette société vient de renouer récemment avec des systèmes sans compromis sous les références Coleridge et Harewood. Le système Coleridge à deux voies se présente sous la forme d'une enceinte ultra-compacte — 48 x 25 x 26,5 cm d'épaisseur — à placer sur un support CSI muni de pointes et d'un socle ultra-lourd afin d'évacuer correctement les sources de vibrations. Cette enceinte parfaitement équilibrée offre une restitution à la fois douce et très réaliste tout en ayant une capacité dynamique étonnante par rapport à la taille. La mise en phase très précise assure une image stéréo de grande profondeur qui varie réellement en fonction des prises de son. Elle bénéficie de haut-parleurs à équipement mobile à la fois ultra-léger et très rigide. Ainsi, le haut-parleur de grave de 20 cm avec son saladier aluminium robuste qui dégage bien l'arrière de la membrane, est muni d'un cône relié à la bobine mobile par un pièce annulaire. Par ce principe, les moindres mouvements de la bobine mobile sont fidèlement appliqués au cône sans que la colle n'intervienne par son élasticité en faisant office « d'amortisseur ». L'alignement très précis de la bobine et du cône a aussi per-

mis de réduire la largeur de l'entrefer du puissant circuit magnétique. Ce haut-parleur est monté en sandwich entre deux feuillures du baffle-support. Cela se traduit à l'écoute par une impression de plus grande fermeté du registre grave, avec moins de petites résonances parasites. Intérieurement le coffret est d'ailleurs rigidifié par un cadre qui vient prendre appui sur les quatre faces opposées. Le tweeter fait appel à un dôme de 2,5 mm en alliage d'aluminium formé sous pression et dont le rayon de courbure a été fixé suite aux observations des déformations par le système d'interférométrie laser. Il travaille ainsi parfaitement en piston jusque dans les fréquences très élevées, 25 kHz.

La distinction de transcription de ces systèmes mérite vraiment les plus fines électroniques, elles fonctionnent parfaitement avec des amplis à tubes, ce qui n'est pas forcément le cas de certaines enceintes de très petites dimensions.

Distribué par Groupe Euro Alliance, 24, rue Limare, 45000 Orléans - Tél. 38.81.75.75.

## **YAMAHA**

### **Type : NS-10 M**

**Prix indicatif : 2 920 F la paire.**

*En dehors de leurs écoutes monitoring, une majorité de studios dans le monde entier utilise pour leurs écoutes rapprochées des petites enceintes Yamaha NS-10 M placées le plus souvent au sommet des pupitres de mélange. Ainsi ils peuvent avoir une idée exacte du « son » en écoute domestique et savoir si le maximum d'informations passe bien pour être également retransmis en FM. En effet, Yamaha avec la NS-10 M (M comme Monitor) a su créer une enceinte compacte (30,2 x 19,9 x 21,5 cm) de prix très raisonnable, capable d'encaisser de grands écarts dynamiques sans pour autant devenir fatigante ou criarde. Bien au contraire, la douceur des timbres n'exclut pas une bonne précision dans l'analyse des détails dont raffolent les professionnels qui veulent savoir où ils en sont dans leur équilibre sonore. Ainsi, sur des petites formations de jazz, les jeux de cymbales ont à la fois de l'éclat, de la finesse, mais aussi beaucoup de différence dans les écarts de niveau. Les voix ont une présence surprenante avec une parfaite intelligibilité même en poussant le volume sonore. Pour arriver à ce résultat, on constate que la texture de la membrane des haut-parleurs grave-médium en pulpe de cellulose a reçu un traitement de surface particulier qui lui donne à la fois cette belle couleur blanche mais surtout procure à notre avis ce caractère vivant, à l'opposé des sonorités agressives de bien des petites enceintes dans cette catégorie. Le tweeter de 2,5 cm de diamètre, en tissu traité, avec suspension périphérique sous forme d'iris, possède un circuit magnétique puissant. Une légère amorce de pavillon accroît son rendement et évite aussi certaines irrégularités de bord. Il est étonnant de trouver autant de soin dans le détail sur une enceinte proposée à ce prix, rien d'étonnant à ce que les professionnels l'aient adoptée. Si vous êtes à la recherche d'un petit système vivant peu onéreux, on peut considérer que la NS-10 M est une véritable affaire.*

Yamaha France, 17, rue des Campanules, Lognes, 77321 Marne-la-Vallée Cedex 2 - Tél. 60.17.39.27.

# ...LA RENCONTRE

*Peter Walker  
Edouard Pastor  
Patrick Vercher*

**C**

*ette année, dans le cadre des Journées de la Haute-Fidélité, le trophée Joseph Léon, destiné à une personnalité internationale de la Haute-Fidélité, était attribué à Peter Walker.*

*... Peter Walker, créateur fondateur de la célèbre marque anglaise Quad, cet homme discret (un peu secret ?), nous l'avons rencontré et nous avons réussi à lui poser quelques questions sur cette « philosophie » particulière à laquelle il a été fidèle durant toute sa période active et qu'il affirme encore aujourd'hui avec détermination.*

*Peter Walker et Quad,  
des noms de légende dont la naissance remonte à plus d'un demi-siècle.*

C'est en 1936 que la société Acoustical Manufacturing Company produisit le premier système de « Public address », sonorisation de haute qualité. Ce système fut suivi par une sonorisation portable puis, en 1939, par la première chaîne en éléments séparés avec un amplificateur à couplage direct travaillant en classe A, un préamplificateur et un amplificateur, l'idée de chaîne en éléments séparés était lancée. En 1949, son enceinte de coin à pavillon replié et tweeter à ruban a été acclamée par les critiques de l'époque comme une étape importante dans la transcription sonore. Mais c'est en 1957 que sort le premier haut-parleur électrostatique large bande au monde, dénommé « Walker's Little Wonder », la petite merveille de Walker.

**L'Audiophile :** *M. Peter Walker, comment vous est venue l'idée d'exploiter le principe du haut-parleur électrostatique, il y a plus de trente-cinq ans de cela ?*

**Peter Walker :** L'idée n'était pas nouvelle. Avant la guerre, Rice et Kellogs avaient déjà déterminé les principes de fonctionnement du haut-parleur électrostatique. Ils ont eu l'idée d'utiliser un diaphragme très léger pour entraîner une masse d'air. C'était une approche intuitive. Mais, en même temps en Allemagne, des recherches sur ce principe étaient publiées. En fait, l'idée du haut-parleur électrostatique est venue à peu près en même temps que le principe du haut-parleur électrodynamique. Le chercheur Mac Lachlan a ainsi décrit le principe de fonc-

tionnement d'un haut-parleur électrostatique. Dès les années 20, tous les pionniers de la haute-fidélité ont rêvé et ont pensé à ce principe électrostatique qui permettait d'avoir un diaphragme léger agissant par toute sa surface sur l'air.

**Comment avez-vous trouvé le temps de pouvoir étudier, expérimenter et enfin réaliser un haut-parleur électrostatique ?**

Dans les années 55, mon affaire tournait bien, avec la fabrication d'amplificateurs. Je n'avais aucun problème financier ni de production et j'ai eu le temps d'expérimenter et de réaliser « à la manière d'un artisan » un haut-parleur électrostatique large bande qui soit fiable et dont les performances soient reproductibles.

**Quand le premier haut-parleur**

*électrostatique Quad ESL est apparu sur le marché, comment les critiques, les concurrents ont-ils réagi, ont-ils été jaloux ?*

Tous les concurrents ont dit : « C'est bien, mais enfin pas si bien que cela, car ça manque un peu de grave », car les gens étaient habitués aux enceintes avec des haut-parleurs électrodynamiques dans des boîtes qui fai-

Là aussi, il faut revenir en arrière et observer les travaux des pionniers Rice et Kellogs. Ce dernier a déposé un brevet sur un haut-parleur électrostatique avec une ligne de retard composée d'un réseau capacitance-inductance-capacitance qui devient complètement résistif si la ligne de retard est assez lente. Vous avez ainsi un haut-parleur

avec 100 % d'efficacité. Parce que sur un haut-parleur électrostatique il n'y a pas de perte d'efficacité car l'on ne perd pas de l'énergie en chaleur. L'énergie reste dans le haut-parleur, produit le son et n'est pas dissipée en chaleur comme dans la bobine mobile d'un haut-parleur électrodynamique.

*Mais le principe des électrodes circulaires, personne n'en a eu l'idée avant vous...*

Il faut toujours revenir aux principes fondamentaux qui régissent les lois de l'acoustique et ceux des transducteurs. Toutes les idées qui existent aujourd'hui sont celles des pionniers de la reproduction sonore. Il y a très peu de nouvelles idées dans la reproduction. Il faut comprendre comme se propagent les ondes acoustiques.

*Comment jugez-vous la production de haut-parleurs électrostatiques de vos concurrents ?*

Il est très difficile de répondre parce que, si je vous pose la question : « Qu'est-ce que vous pensez des autres magazines de haute-fidélité ? », qu'allez-vous me répondre (rire) ?



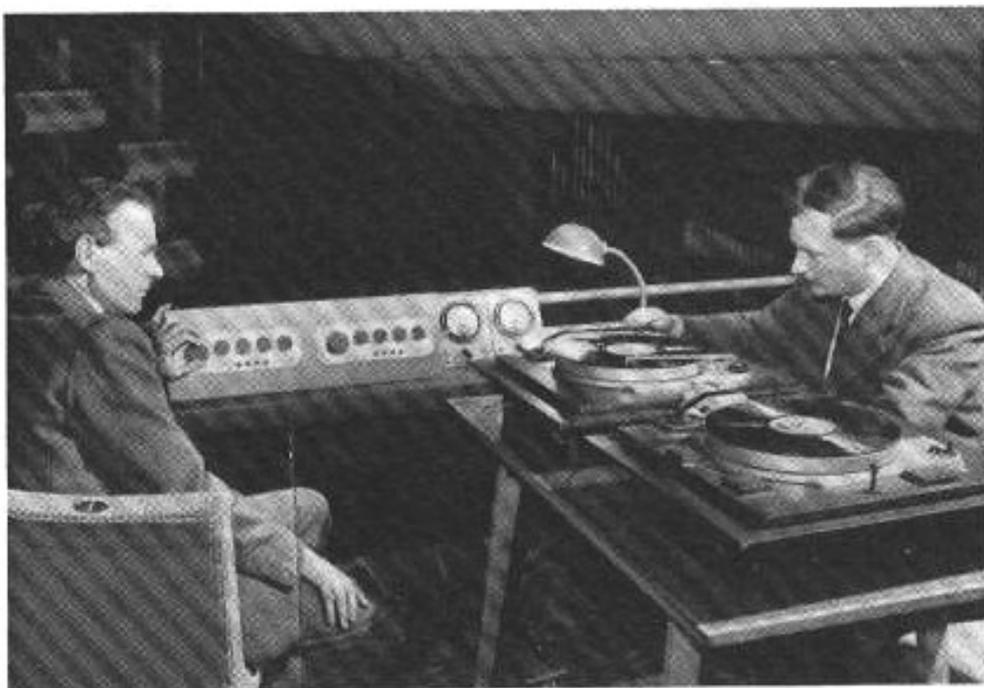
*En 1950, M. Peter Walker à gauche en discussion avec M. Avery Fisher au cours d'un salon hi-fi à Londres.*

saient boum boum dans le grave. Mais Briggs (Wharfedale) à l'écoute du premier Quad ESL a dit : « Bon, c'est fini, on peut brûler nos boîtes », tellement l'électrostatique est plus transparent, plus naturel.

*Est-ce que par la suite les autres constructeurs de haut-parleurs électrostatiques se sont référés à Quad ?*

Non. Dans cette industrie, les gens se jalourent souvent et chacun veut que ce soit sa propre idée (rire) qui fut la première, c'est assez normal. Mais il est, à l'heure actuelle, très difficile de ne pas se référer à certaines techniques appliquées sur les haut-parleurs électrostatiques Quad.

*Sautons quelques années pour arriver au ESL 63. Comment vous est venue l'idée du haut-parleur « point source » ?*



*En 1950, une série de concerts de musique enregistrée fut organisée par M. Briggs de Wharfedale utilisant des amplificateurs Quad dans les cadres prestigieux du Royal Festival Hall à Londres et du Carnegie Hall de New York. M. Peter Walker au réglage de volume et M. John Collinson aussi de Quad à la table de lecture.*



En 1978, Lord Lieutenant de Cambridgeshire remet le « Queen's Award » pour le développement technologique à M. Peter Walker.

*Que pensez-vous des autres moyens de reproduire le son tels que le haut-parleur ionique ? Avez-vous fait des recherches dans ce sens ?*

J'ai fait quelques recherches sur le haut-parleur ionique mais, sur le plan pratique, la réalisation est très difficile. Vous avez soit les transducteurs ioniques avec une pointe tels que le ionovac à décharge. Il chauffe l'air et c'est par dilatation de l'air à proximité immédiate que l'on obtient « le son ». Mais le rendement est très faible et il faut un pavillon pour obtenir du niveau. C'est presque impossible de « chauffer » assez de masse d'air pour obtenir l'énergie nécessaire. Que ce soit le haut-parleur ionique de type corona ou un haut-parleur électrostatique, il faut pouvoir appliquer un mouvement à toute une masse d'air. Pour un haut-parleur électrostatique, la limitation de puissance est imposée par la ionisation d'une masse importante d'air. Avec un haut-parleur électrostatique, on a une assez large surface pour mettre en mouvement une masse d'air suffisante. Avec

un haut-parleur ionique corona, vous avez beaucoup moins de surface avec la charge concentrée sur la pointe et on n'aura jamais assez d'énergie pour obtenir du niveau. Avec les haut-parleurs électrostatiques, obtenir du niveau est déjà un problème et c'est encore pire avec des haut-parleurs ioniques même en multipliant les pointes, il faudrait des « tonnes » de watts pour un niveau d'écoute correct. Pour l'instant, cela reste encore utopique. Il faut cependant inventer un nouveau système pour mettre l'air en mouvement.

*Que pensez-vous de l'interface entre le haut-parleur et la pièce d'écoute ? Voyez-vous dans le futur une meilleure adaptation du haut-parleur par rapport à la pièce ?*

C'est le problème principal, éternel, lié à la psychoacoustique car nous avons deux oreilles (rire). Pour le moment, il y a quelques solutions. Tout d'abord, si les haut-parleurs sont très proches du point d'écoute, l'influence de la pièce est moindre. La deuxième solution pour éliminer l'influence de la pièce

devrait faire appel à de multiples canaux, vingt canaux par exemple mais ce n'est pas une approche réaliste ni d'avenir car absolument pas pratique.

*Que pensez-vous de l'interface entre amplificateur et enceintes électrostatiques ?*

Je pense toujours un système Hi-Fi au complet. Il serait toujours possible de faire un amplificateur travaillant en tension qui puisse attaquer directement le haut-parleur électrostatique. Mais il est plus facile de faire un bon transformateur de couplage qui ne posera pas de problèmes et effectuera une interface parfaite entre le haut-parleur et l'ampli avec une fiabilité nettement supérieure. C'est une question de compétence et de savoir-faire pour la réalisation de ces transformateurs.

*Il y a quelques années, sur le stand de l'importateur Quad en France, a été effectuée une démonstration prouvant que les bons amplificateurs avaient tous le même son. Etes-vous revenu sur cette idée ?*

Nous n'avons jamais dit que tous les amplificateurs avaient le même son. C'est très facile de faire un ampli qui ne marche pas. Mais nous disons que c'est possible de développer un ampli où la différence entre le signal à l'entrée et celui en sortie est inaudible. Si les signaux en entrée et en sortie sont exactement les mêmes, il n'y aura pas de différence audible. Si, à la sortie d'un ampli, à l'écoute, le signal est différent, il est possible d'expliquer pourquoi grâce à notre connaissance actuelle de la physique et de l'électronique. Il n'est pas nécessaire d'inventer quelque chose que nous ne connaissons pas, mais il faut savoir où regarder pour trouver l'explication de cette différence.

Face à cette question pour répondre, le problème aujourd'hui est que nous jetons « le bébé avec l'eau du bain » (rire). Sous l'angle de notre expé-

rience, tous les problèmes de différence à l'écoute avec les amplis ne sont pas faciles à expliquer, mais ils sont tous explicables. D'après notre expérience, il n'existe pas de phénomènes mystérieux. Tout le monde veut croire qu'il y a un côté « mystique » et que quelque chose reste à découvrir. Notre position n'est pas très populaire car tout phénomène peut s'expliquer. Dans la science de la reproduction sonore, l'avenir sera plutôt dans le domaine de la psychoacoustique que dans celui de la physique. Dans l'avenir, le challenge ne sera pas de réinventer la loi d'Ohm mais d'améliorer les conditions d'écoute domestique et il y a beaucoup de progrès à faire dans ce sens.

*M. Walker, à l'heure actuelle, êtes-vous toujours en activité dans le domaine de la recherche ou de la marche de l'entreprise ?*

Depuis quatre ans, j'ai laissé l'activité de l'entreprise à mon fils. Mais je viens deux à trois fois par semaine à l'usine pour étudier et continuer des recherches fondamentales sur la reproduction de la musique : c'est une passion. Mais on peut continuer ce type de recherche chez soi aussi bien dans son bain ou avant d'aller se coucher.

*Quelles sont vos passions ?*

J'ai deux centres d'intérêt. Le premier : les problèmes de reproduction sonore. Le second : comment défendre ma position de deuxième flûtiste dans l'orchestre de Huntington, car j'ai toujours pratiqué la musique. Ce deuxième problème est très important car il y a beaucoup de jeunes qui jouent très bien et je suis obligé à 76 ans d'avoir les doigts toujours aussi agiles pour jouer aussi bien qu'eux (rire).

*Le point sur la société Quad actuellement. Vous êtes toujours le même nombre d'employés, vous avez toujours la même philosophie au niveau de la production ?*

Nous sommes actuellement cent cinquante personnes chez Quad. Nous avons toujours la même philosophie de qualité. Ce qui est important, c'est la satisfaction du client. Tous nos efforts sont concentrés à créer des produits qui donnent satisfaction aux amateurs de musique. Si c'est possible de fabriquer ces matériels avec des machines automatiques, nous ne sommes pas contre. Nous ne sommes pas convaincus que les méthodes artisanales soient les meilleures. Il faut utiliser tous les moyens actuels pour créer un produit qui donne satisfaction au client dans la tradition Quad. Pour nous, un client, c'est quelqu'un pour qui la musique est l'une des choses les plus importantes de la vie.

*Quelle est votre position parmi les autres firmes européennes de haute-fidélité ?*

Nous sommes actuellement le plus grand fabricant d'amplis et de préamplis séparés en Europe. Nous avons maintenant changé tous les modèles. Les méthodes de fabrication se sont modernisées mais nous gardons une constante dans la qualité de notre production.

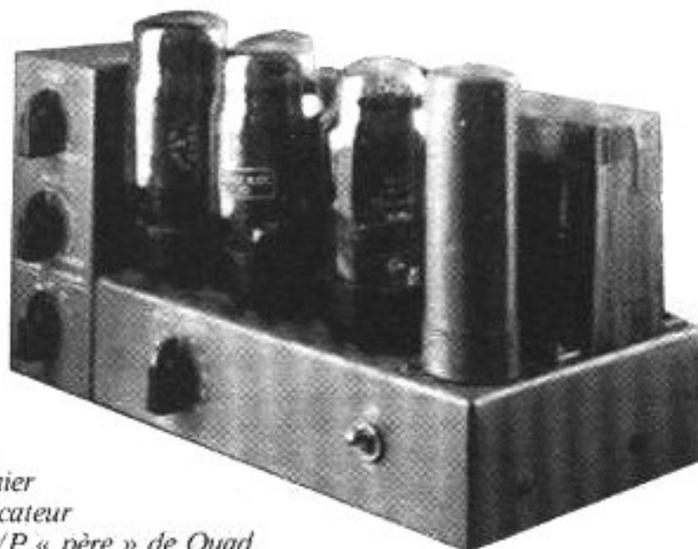
*Auriez-vous des critiques à formuler ou bien quelque chose qui vous agace dans ce métier de la haute-fidélité ?*

Actuellement les progrès sont

très lents. Je trouve qu'à la base, beaucoup trop d'enregistrements ne sont pas bien effectués, mais je n'ai pas de nostalgie pour le disque vinyl noir. Les vrais développements se font, je le répète, trop lentement. Nous passons trop de temps sur des petits détails alors que les vrais problèmes restent à résoudre. Trop souvent les petits apports techniques font partie de la mode mais ce n'est pas de la « science ». Les arguments par exemple tels qu'un compact-disque plaqué or est supérieur à celui en argent ne sont pas importants, ce n'est pas là que sont les vrais problèmes. Il faut prendre les choses à la source, à la prise de son. Il faudrait pouvoir reproduire une image d'un orchestre comme dans une salle de concert. Mais pour 95 % des gens qui fréquentent les salons de haute-fidélité ou les auditoriums, ce n'est pas l'objectif. Ils cherchent quelque chose souvent de « plus excitant » à l'écoute, plus « vrai » que nature. Ils se font plaisir avec des sons, non de la musique.

*Pour l'avenir, quelle orientation allez-vous prendre ?*

Pour l'avenir, nous avons des idées pour des produits qui entrent dans la philosophie de Quad : grande simplicité d'utilisation avec priorité à la reproduction musicale dans le cadre d'une écoute domestique.



1949 :  
le premier  
amplificateur  
QA 12/P « père » de Quad.

**Page non  
disponible**



## L'ECOUTE HI-FI: QUEL NIVEAU?

**P**our un audiophile traquant inconditionnellement la vérité sonore à travers l'écoute domestique, doit-on rechercher un réglage précis du niveau d'écoute ? A cette question, beaucoup répondent qu'il ne saurait y avoir de règles tant la subjectivité guide l'auditeur dans la recherche de la sensation sonore. L'iconoclaste peut toutefois avancer qu'il existe quelques précautions à prendre, si l'on veut retrouver en différé certaines émotions du direct.

### Le constat

L'apparition des techniques de numérisation des signaux a fait prendre conscience du gain significatif de qualité sonore que procure le recul du bruit au niveau des sources de modulation. Ainsi, la lecture optique par laser a fait gagner 20 à 30 dB sur le rapport signal à bruit obtenu avec le procédé analogique (voir tableau I).

On peut, dès lors, tirer de ce fait une première conséquence ; c'est que **le rapport signal/bruit d'une écoute d'enregistre-**

**ment, défini par l'écart existant entre le niveau acoustique utile et le niveau acoustique du bruit ambiant, est souvent inférieur au rapport signal/bruit intrinsèque de la source.** Peuvent en témoigner des enregistrements de bruit en locaux d'habitation tels que celui de la figure 1. C'est précisément cette considération qui a amené E. Leipp à proposer comme critère de confort d'écoute (1) l'émergence sur bruit de fond, c'est-à-dire la distance existant entre le bruit de fond et la courbe de densité spec-

trale à la place d'écoute, comme indiqué en figure 2.

On considère généralement que le signal minimum utile doit être supérieur d'au moins 20 dB au bruit propre du système de restitution, en y incluant les bruits acoustiques ambiants. Bien des auteurs précisent alors qu'il ne faudrait pas dépasser la courbe dite NC25 représentés en figure 3, pour les niveaux de pression acoustique relevés dans un salon de musique. C'est un standard, très prisé aux Etats-Unis, qui peut servir de référence

Nature de la source	Rapport S/B	Observations
CD	80 à 90 dB	assimilable à du bruit blanc
Phonolecteur (PU)	45 à 60 dB	bruit coloré + ronflement
Préampli/amplificateur	80 à 110 dB	assimilable à un bruit blanc

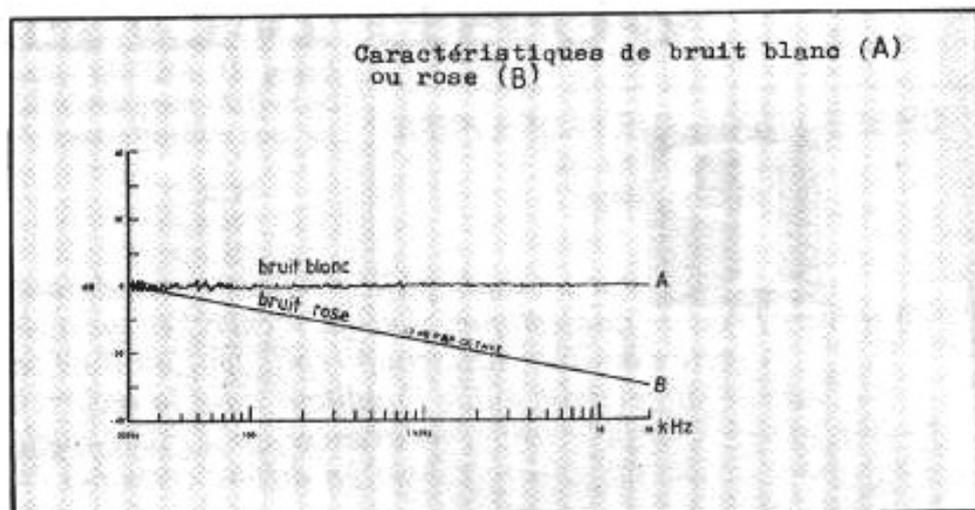
Nature de la source	Rapport S/B	Observations
CD	80 à 90 dB	comprend bruits de quantification
Phonolecteur (PU)	30 à 50 dB	défauts de linéarité par effet de pince
Préampli/amplificateur	70 à 100 dB	influence des réglages (classe AB ou B)
Haut-parleur	30 à 50 dB	défauts de non-linéarité dus aux suspensions, mirlitons, etc.

pour l'évaluation de l'émergence sur bruit de fond au sens de E. Leipp.

Une deuxième remarque est qu'au plan de la gêne subjectivement ressentie, il convient de ne pas séparer les bruits d'origine électronique (bruits d'agitation thermique, bruits de fluctuation, ronflement, etc.) des bruits de modulation (produits par harmoniques et intermodulation, bruits de quantification), l'effet de masquage du signal utile étant finalement lié à l'ensemble des composantes parasites. C'est une mesure classiquement retenue en télécommunications où le rapport signal à bruit caractérisant une liaison englobe bruit thermique et intermodulation.

Selon cette approche, on obtient des rapports signal/bruit moins favorables, notamment au niveau des composants électromécaniques (phonolecteur, haut-parleur), les caractéristiques du lecteur laser et des maillons électroniques restant hors de pair (voir tableau 2).

Une troisième conséquence de l'abaissement du niveau de bruit à la source est qu'il provoque un véritable « démasquage » des autres bruits, que souvent seule



Caractéristique de bruit blanc (A) ou rose (B).

une écoute au casque permet vraiment d'identifier.

Si on spéculé

— que ce sont ces détails proches du seuil de sensibilité de l'oreille qui font la vérité sonore, sinon LA VRAISEMBLANCE SONORE ;

— que ce sont les petits bruits parasites, parmi lesquels :

- les bruits d'archet
- les bruits de partition
- les bruits de soufflerie d'orgue
- les toux d'auditeurs en prise de son live
- le chantonement d'accompagnement d'un soliste (Pablo Casals en était coutumier) qui

humanisent la reproduction, alors il faut se préoccuper de combattre les effets de masquage qui correspondent à une élévation apparente du seuil d'audition.

Parmi les signaux faibles à ne pas masquer figurent notamment les sons faibles qui « signent » l'ambiance de la prise de son, au premier rang desquels les premières réflexions de salle qui contiennent les informations de volume et de transparence.

Toutes ces raisons justifient un bref rappel sur les mécanismes de masquage, pour tenter de

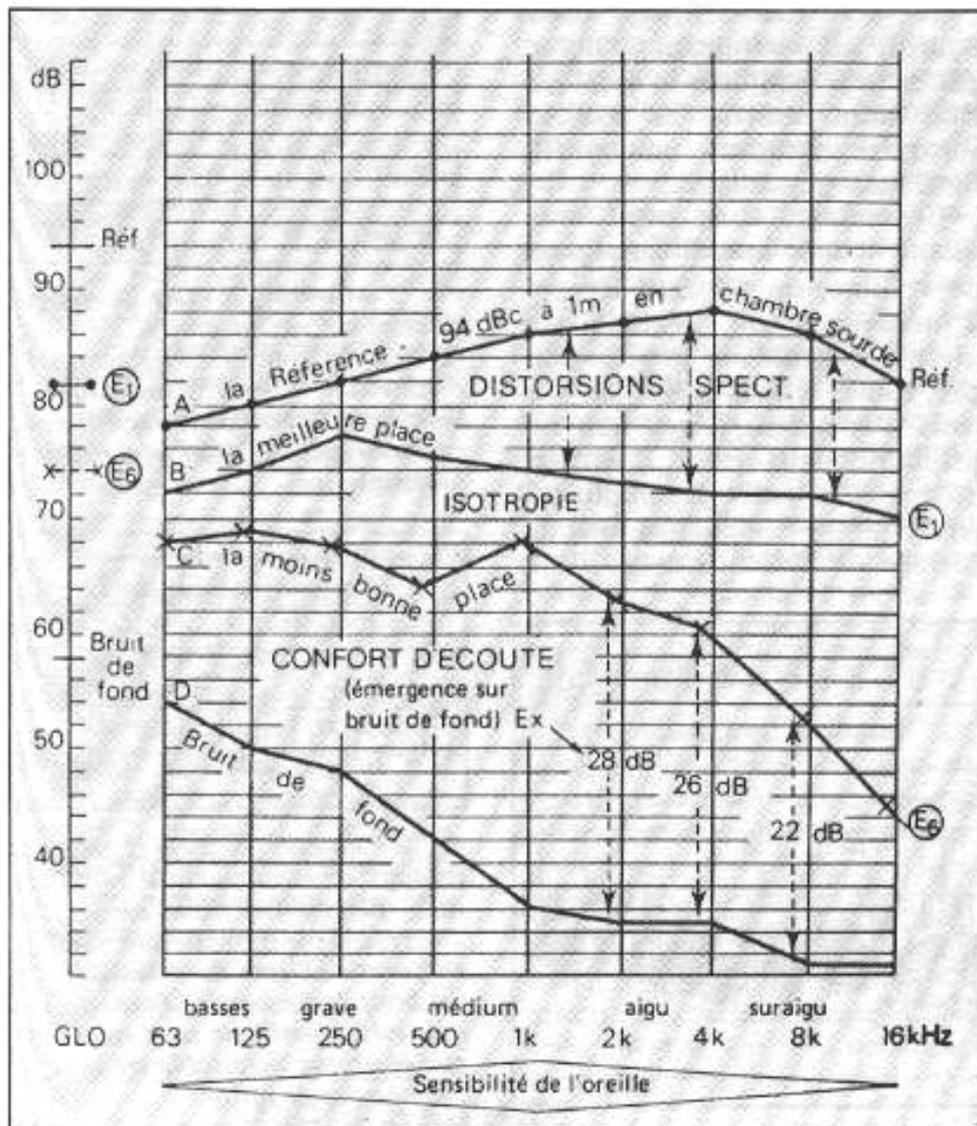


Fig. 2 : Le diagramme de densité spectrale. A partir de la « référence » (ce qui « sort » du haut-parleur), on peut estimer visuellement, sans difficulté, les altérations de « coloration » (de timbre) aux divers points d'écoute, l'isotropie du lieu, le confort d'écoute, le bruit de fond (d'après l'ouvrage « Acoustique et musique » par E. Leipp - Ed. Masson - 1984).

mieux fixer la hiérarchie des bruits dans la diminution du confort musical et, surtout, se forger une ligne de conduite pour les réglages d'une chaîne Hi-Fi, à commencer par le réglage de volume.

## Quels effets de masque

Des travaux de Feldtkeller et Zwicker, on peut retenir :

1) Un bruit à large bande du type « bruit blanc » (voir encadré n° 1) masque particulièrement les fréquences aiguës.

2) Des sons aigus de faible niveau sont masqués par des

sons graves intenses, mais ne sont pas masqués par des sons purs aigus et intenses.

3) L'oreille devient de plus en plus sensible aux variations de niveau au fur et à mesure qu'on élève le niveau d'écoute d'un son pur.

Par ailleurs, Stevens a établi l'influence de l'intensité sur la variation de hauteur : élévation pour les sons aigus, abaissement pour les sons graves (pour un son complexe l'hypothèse est que l'oreille fait une moyenne).

Enfin, il a été établi que pour les impulsions brèves de pression (comme de bruit), ce qui compte,

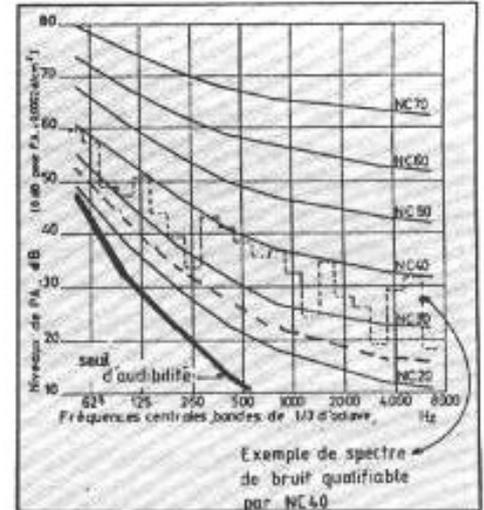


Fig. 3 : Réseau de courbes de niveaux de pression pour comparaison avec spectres de bruit mesurés par tiers d'octave. La courbe en tireté indique la limite à ne pas dépasser pour un salon de musique (correspond à NC 25 ou 35 dB, pondération A) mesuré en large bande (d'après A.C. Raes).

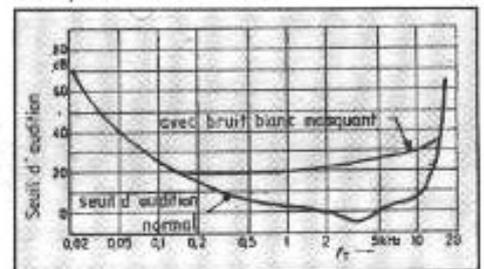


Fig. 4 : Seuil d'audition en présence de bruit blanc masquant. Ces courbes se déplacent parallèlement quand on fait varier le niveau du bruit masquant). La zone hachurée représente le déficit auditif lié à la présence de bruit blanc.

c'est le produit de l'intensité sonore et de la durée de l'impulsion, donc l'énergie acoustique. Ainsi, pour des impulsions très brèves (quelques dizaines de millisecondes), le niveau doit être augmenté de 10 dB quand la durée de l'impulsion est divisée par 10. Des expériences ayant confirmé que certains sujets séparaient nettement des clics distants de 2 à 5 millisecondes, on a prouvé que seule l'écoute à niveau proche du réel est à même de conserver le rôle des transitoires.

Le premier point incite à se préoccuper des bruits de souffle

fabriqués par l'électronique, éventuellement par l'environnement acoustique (climatiseur, ventilateur, pompes diverses, etc.), car ce type de bruit élève le seuil d'audition selon une loi qui défavorise la définition sonore (voir figure 4). Cet effet ne connaît pas de fluctuations individuelles, alors qu'une grande dispersion affecte le seuil d'audition absolue en l'absence de bruit masquant.

Le cas d'un égaliseur accentuant le bruit dans la partie haute du spectre, souvent nécessité par la carence de certains éléments

(enceinte acoustique, local sourd), est intéressant à noter, car ça peut expliquer la désaffection dont souffre ce maillon lorsqu'il introduit un souffle inexistant par ailleurs.

Cependant, si le bruit masquant naît en amont du réglage de volume, on ne constate pas d'incidences du réglage du niveau d'écoute sur la gêne perçue, toutes choses égales par ailleurs. Par contre, il faut être très précautionneux pour intercaler un égaliseur entre préamplificateur et amplificateur, en aval du réglage de volume, car le bruit

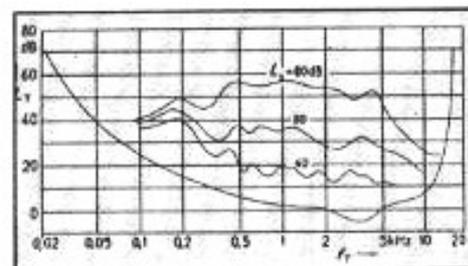


Fig. 5 : Courbes d'effet de masque de sons de violon graves, de divers niveaux (d'après E. Zwicker et R. Feldkeller - Psychoacoustique - Ouvrage de la collection scientifique et technique du CNET aux Editions Masson).

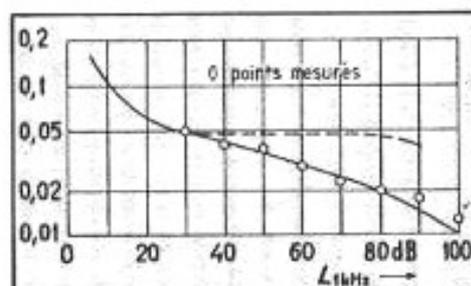
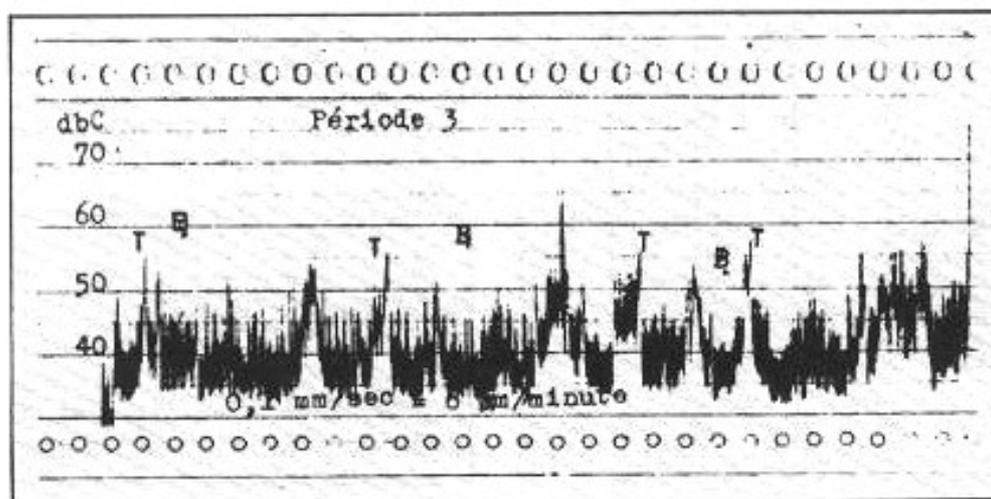


Fig. 6 : Valeurs calculées et mesurées du taux de modulation d'amplitude juste perceptible pour un son de 1 kHz, en fonction de son niveau ; en pointillés, lors du masquage par un bruit large bande. Pour un son musical ou parlé, on peut considérer que le niveau détectable est situé en zone hachurée [dito].

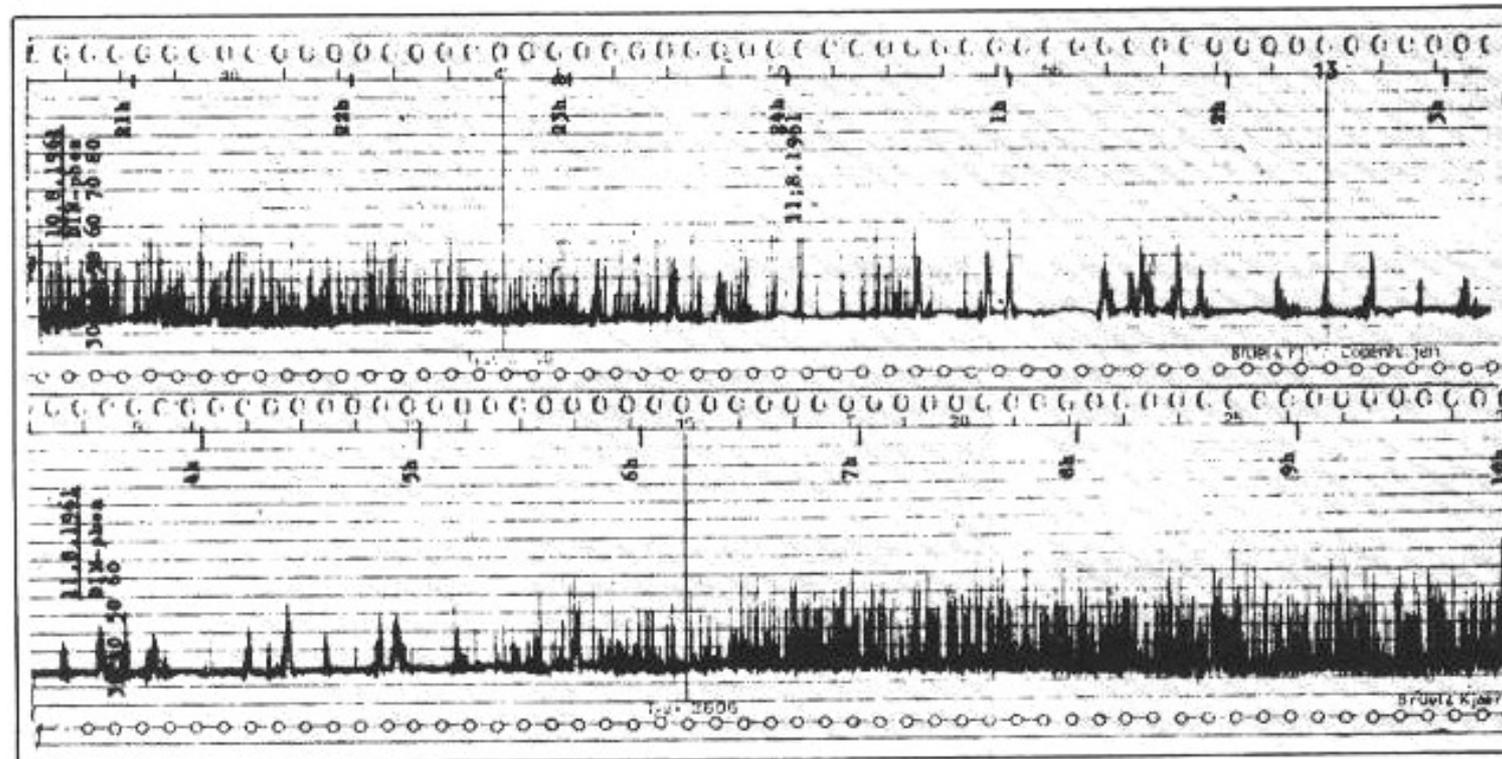


Fig. 1 : Enregistrements de bruit : a) dans la maison voisine d'un bowling et d'une ligne de tramway (les bruits correspondants sont repérés B et T), b) dans une villa à la campagne (on note un niveau atteignant 55 dB dès 7 h du matin (pondération A) (d'après A.C. Raes).

masquant est alors à son niveau maximum, quelle que soit la position du potentiomètre.

S'agissant du masquage des sons aigus par des sons graves, l'allure plate de courbes d'effet de masque aux fréquences élevées a une grande importance : un son aigu audible à faible volume, à côté d'un son grave, peut être totalement masqué par ce dernier à niveau fort. C'est ce qui explique que l'écoute d'un haut-parleur non bafflé procure une sensation de transparence qui étonne toujours. C'est aussi pour cette raison qu'un chœur mixte comprend un nombre de voix d'hommes inférieur à celui des femmes.

L'effet de masque dû à des harmoniques ou à des partiels est illustré par la figure 5. On y voit que la courbe correspondant à l'élévation du seuil d'audition évolue presque horizontalement, **dans une grande zone de fréquence au-dessus de la fréquence du son joué, surtout à jeu fort :**

c'est l'indice que l'intermodulation joue un grand rôle dans la confusion sonore qui découle de modulations complexes (grandes formations, chœurs), là où les petits sons vont être littéralement « mangés » par quelques composantes à basse fréquence.

L'influence du niveau d'écoute sur la sensibilité de l'oreille aux variations d'amplitude est illustrée par la figure 6 qui montre bien que, dans le cas d'un son pur (2), l'audiophile peut détecter des modulations d'autant plus fines que le niveau acoustique est élevé (le taux de modulation détectable passe de 10 % à 1 % quand le niveau d'écoute passe de 20 dB à 100 dB).

Cette variation disparaît en présence de bruit masquant (courbe en tireté) : c'est donc à niveau fort que les électroniques très silencieuses révéleront leur aptitude à « faire dans le détail ».

**Au vu de ces phénomènes, on**

**peut conclure que, ne pas respecter, autant que faire se peut, le niveau acoustique réel des instruments et de la voix, conduit inéluctablement à une dégradation de l'authenticité sonore, quelles que soient les précautions prises pour rétablir un équilibre spectral moyen à l'aide des corrections physiologiques (loudness contour).**

Encore faut-il ne pas tomber dans d'autres distorsions, celles précisément que fabriquent une chaîne Hi-Fi quand on la pousse dans ses derniers retranchements, c'est-à-dire à niveau fort.

Trouver le bon niveau peut sembler relever alors d'un art impossible. Un prochain article montrera qu'il est possible de trouver quelques repères dans quelques cas précis.

(1) Cf. *Acoustique et Musique* aux Editions Masson (1984).

(2) Un exemple de son pur modulé en amplitude est le son d'un sifflet d'arbitre.

**Page non  
disponible**

# POINT DE VUE

## LE "CANNES-ART" BOITEUX

Claude Bailblé

**A**

*ujourd'hui, le film se voit plus souvent au télé-cinéma qu'en salle.*

*La diffusion est massivement assurée par les chaînes TV, avec un maximum d'audience.*

*La fatigue du soir, l'abondance des programmes incitent sans doute au divertissement domestique. Pourtant le film y subit plusieurs détériorations : l'image est moins définie, les couleurs et le contraste sont modifiés, l'écran est rapetissé, le cadrage entamé.*

*Et le son ? S'échappant d'un haut-parleur minuscule placé sous l'écran (et même de côté), il perd ses graves, ses aigües extrêmes ; il se traîne dans une résonance de coffret, se nasalise et se décolore dans une balance spectrale boîteuse.*

*Les constructeurs, qui font des prouesses pour décoder le SECAM, semblent se contenter d'un ampli intégré (5 watts ?) et d'un haut-parleur (10 cm ?) pompeusement qualifié de large bande, hâtivement logé dans une carcasse plastique, aux résonances persistantes, comme s'ils ignoraient l'effet de masque, la transparence, la balance tonale. Qui accepterait de regarder l'image au travers d'un filtre orange ou vert ?*

### Tu progresses !

Huit fois par jour, et pendant des années, le J.T. d'Antenne 2 nous a fait entendre, mixée à la musique du générique, une voix blanche (1) qui disait : « Tu progresses, tu progresses, tu progresses », tandis qu'à l'écran le 2 logotypique glissait, emportant obliquement l'image (subliminale ?) de deux présidents (devi-

nez lesquels !) se serrant la main... et se métamorphosait en pelure d'orange. Un jour on le découvrit et cela offusqua. (L'image subliminale est-elle donc si efficace ?) On s'apostropha d'indignation : retirez cette odieuse manipulation ! Cela fut fait, non sans quelques remous. Personne n'avait repéré la bande son, et son chuchotement synchrone. Le « tu progresses »

s'absorbait dans l'effet de masque puissant des haut-parleurs, lequel noyait la voix dans quelques formants persistants. De sorte que nous eûmes droit encore quelques temps à ce tutoiement très flatteur — *quoiqu'infra-subliminal* — jusqu'à l'arrivée du nouveau jingle, plus claironnant.

Cette anecdote illustre — s'il le fallait — la piètre qualité

sonore diffusée sous les écrans domestiques. C'est vrai qu'elle peut suffire aux talk-shows, aux sit-coms et autres émissions bavardes, illustrées d'images. Mais convient-elle vraiment aux films, aux opéras, aux documentaires ? Faut-il confier à un boîtier « caverneux ou nasillard » le travail des comédiens (texte, geste vocal), celui de l'ingénieur du son (plan sonore, timbres, grains, dynamique), du monteur

drie, négligée sans dommage aucun pour l'œuvre ? Il importe de revaloriser son importance (essayez donc de regarder un film sans ses dialogues, ses bruits, sa musique) aussi bien que sa puissance expressive : la force tremblante du cri, l'ivresse souriante d'une voix, l'atmosphère subtile d'une acoustique, l'irruption imprévue d'un son « off ». Tout cela mérite une diffusion plus que convenable.

parole seulement parlée : un interprète, une interaction forte du montrer au dire. Quand il s'absente en *off*, le visage vocal subsiste dans le typage qu'il a installé. L'identité phrasée par la voix appelle alors l'identité portée par le visage. A chacun de se l'imaginer.

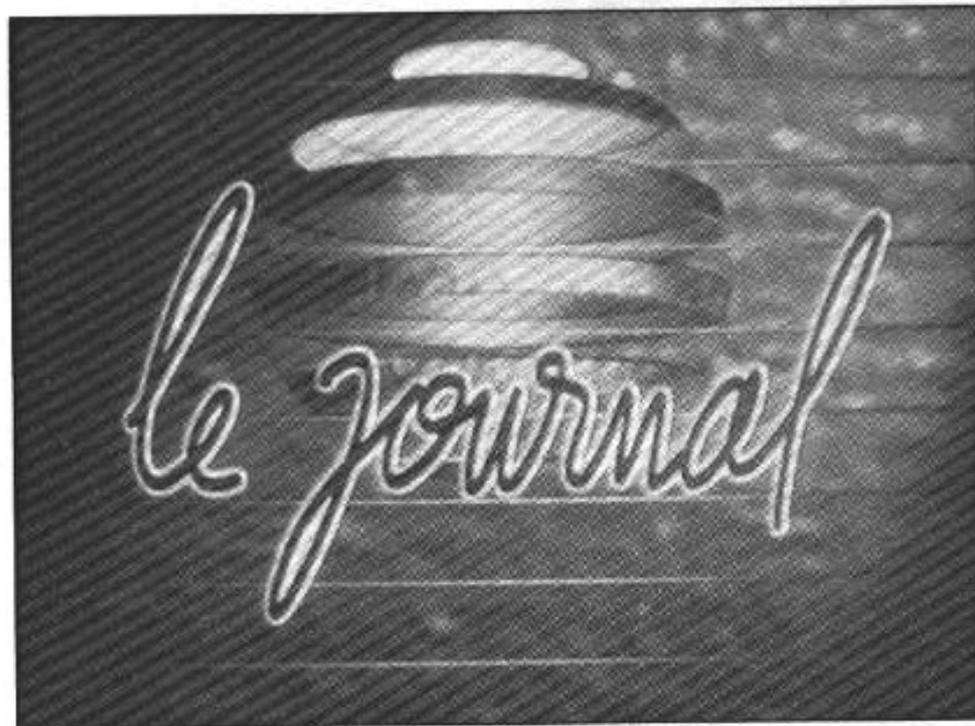
#### L'ambiance :

Le lieu scénique déborde l'écran et se donne par le décor sonore. Une atmosphère est composée, faite de sources plurielles, ponctuelles ou étendues, où se dissipe un climat, un univers. Le lieu scénique est installé, avec des sons-indices, des détails lointains ou proches, des petits événements émergents, conçus pour l'écoute flottante et enveloppante. Le champ diffus y prononce la grandeur des lieux (échos, d.i., réverbération, couleurs), le site (où est-on ? en plein air, en intérieur ?) et même le temps (sons du matin ou du soir, sons de la nuit, des saisons). Par association, des impressions tactiles, thermiques, proprioceptives, sont évoquées.

L'ambiance dessine sur un invisible bord un cadrage élastique annexant et désannexant — à tout instant — les éléments actifs du récit. Cependant, elle reste suffisamment stable pour assurer à l'ensemble de la séquence un background, une continuité lisse capable de délimiter une unité de temps, de lieu ou d'action. Dès lors, le changement (cut ?) d'ambiance est à même de marquer — sans autre signe ponctuatif — l'avancée du récit vers un autre lieu scénique.

#### Les effets :

Les effets, ou images auditives, sont mixés avec une présence suffisante pour se hausser comme indices opérant dans la fable. Le spectateur focalise sur eux, pour la raison qu'ils sont plus « importants » que l'ambiance, plus précis, plus émergents. Bruit de pas, rumeur, cliquetis, eau qui coule, souffle, grincement, détonation, ronron



*Il aurait fallu aussi épilucher le son...*

(continuité synchrone, décor sonore), des musiciens (phrasé, alliages instrumentaux) et du mixeur (dosage des sons, partition sonore) ? Habituellement diffusé en excellentes conditions (bande passante, rapport signal/bruit, distorsions) le son des films, amplifié en haute définition, se fait entendre (85 dB, au milieu de la salle) sur des enceintes *ad hoc* (Voice of Theater, JBL, Cabasse...) pour le plus grand plaisir du spectateur. Le signal du télé-cinéma, est — bien que monophonique — tout aussi bon. A la sortie du tuner TV, il est encore correct. Pourquoi faut-il le saboter pareillement (2) ? Est-ce à dire que la bande-son des films peut-être amoïn-

## Le son et ses registres

#### La voix :

Entre corps et texte, la voix enclenche un rapport immédiat à l'écran. Rapport au texte, qui énonce une réalité souvent différente de l'image (sinon, elle serait redondante) en puisant dans la langue les mots du souvenir ou du devenir. Rapport au corps, à la chair, qui laisse entrevoir un désir, une intention, un trouble. Les dialogues sont lus, mais le geste vocal en dit plus long : le timbre (print-voice), l'intonation, le débit, l'accentuation expriment l'intériorité, la subjectivité sensible. Le sous-entendu, le non-dit trouvent avec le visage vu ce qui manque à la

sont autant d'indices qui renvoient à une présence agissante et intentionnante.

Ces indices ont une trajectoire (approchante, éloignante, fixe) et une assise (ponctuelle, surfacique) mais aussi un domaine d'intervention. Ils sont prégnants, fortement caractérisés par leur profil dynamique, leur grain, leur masse, leur couleur, leur densité spectrale, et comme tels facilement mémorisables, actifs pour un moment dans la conscience du spectateur. Le son déclenche un *effet sensoriel*, une imprégnation auditive.

S'ils sont flous, peu caractérisés, leur audibilité induit une mémorisation furtive, une perception imprécise.

Formes confuses, peu définies, ou formes fortes, sculptées, les indices en appellent de toute façon à la cause qui les produit : cause indécidable ou ambiguë, cause certaine et univoque. L'identification est facilitée par la richesse du matériau sonore mais surtout par le transfert d'informations *objet-source*. Une fois identifiée, la source peut produire un *effet dramatique*, car elle surgit au cœur du prévisible ou de l'imprévisible, avec sa charge affective ou sa légère indifférence, sa force d'intervention ou son pressentiment sinueux.

Au reste, les effets posent parfois plus de questions (à l'imagination) qu'ils n'apportent de réponses (à la perception) : c'est le moment du doute, de l'hypothèse. Le manque-à-voir ainsi posé peut relancer le suspens et même l'amener au paroxysme.

#### La musique :

Elle a, au cinéma, plusieurs usages autres que le remplissage. Du côté du **narrateur** elle commente dans l'*avant-coup* le danger, l'incident, le surgissement probable d'un événement ; elle renforce ainsi la position de maîtrise du spectateur sur les personnages. Ou alors elle souligne *synchroniquement* l'effet de sur-



*Au cinéma comme à la TV, le projecteur de sons se dissimule. Mais la télévision semble toujours ignorer la télé-audition !*



prise, l'inattendu d'une situation nouvelle ; elle renforce de la sorte le coup de théâtre, la bifurcation imprévue de l'intrigue. A moins qu'elle n'apparaisse avec un *petit retard* pour amplifier, dans l'après-coup les conséquences d'une nouvelle donne, l'ombre portée d'une déduction.

Du côté du **personnage**, la musique de film décrit l'état intérieur des héros, leurs réactions aussi bien que leurs intentions. La mélodie, l'orchestration, le rythme prennent en compte l'état affectif ou émotionnel d'un personnage et suscitent ainsi une adhésion plus forte du spectateur aux tourments, aux espoirs, aux joies de l'héroïne ou du héros.

Mais la musique a d'autres fonctions. Celle par exemple de diriger le regard du spectateur en un point de l'écran, sur une attitude, un mouvement. La cinétique musicale y vient redoubler le cinématisme visuel — redondance furtive ou appuyée — pour orienter l'attention.

Celle aussi de travailler la mémoire du spectateur. Le *leitmotiv* réactualise dans la conscience un élément préalablement associé : une tension, un but, un

désir. De même, l'*ostinato* rythmique peut marquer le retour d'une hantise, d'une difficulté, d'un manque. Tandis que l'enchevêtrement de thèmes, d'univers musicaux évoque le tiraillement des héros ou accentue l'opposition de forces contraires en mouvement.

Celle encore de musicaliser un bruit, d'augmenter sa sonance. Un hybride est créé qui élève le bruitage au rang d'une musique concrète. En sorte que l'embellissement du matériau fait jouer l'écoute sur un autre axe, imposant une relecture de bruits pourtant apprivoisés (cf. « La griffe et la dent »).

Celle enfin de situer une époque. L'histoire de la musique offre une palette de styles, un éventail de genres capable de se fondre dans l'aire fictionnelle ou documentaire, capable de dater l'action et de soutenir le récit.

Un des premiers films sonores (« M. de Maudit », de Fritz Lang) nous offrait déjà une utilisation singulière de la musique : le thème du générique (Peer Gynt, de E. Grieg) y devient le leitmotiv (sifflé par l'assassin) de la poussée maniaque, de l'acting-out criminel.