

N° 2 Nouvelle Série  
12<sup>e</sup> Année

# L'AUDIOPHILE

*Haute fidélité plus!*



**PERMANENCE DU TUBE ...**

**"LE POINT 88"**

**ACOUSTIQUE :**

*Le concert et son  
double... les exigences*

**NOUVELLES  
TECHNOLOGIES :**

- **Le CD  
menacé par  
les puces ?**

**THEORIES :**

- **La contre-  
réaction : le  
tragique  
malentendu !**

**ILS PARLENT DE  
LEUR TECHNIQUE :**

- **Tatsuhiko Okuma,  
Hachiro Sato,  
Kyoichi Inoue  
(Kenwood)**
- **Daniel Schär  
(Micromega)**
- **Bob Carver  
(Carver)**

**L'AUDIOFAIR 88 TOKYO**



*Zuot de neuf par  
Jean Hiraga*

**Les Muses d'Or à**



**AUDIO RESEARCH  
SP 15**

**QUID**

**Plein de  
nouvelles**

**LE JAZZ  
AUSSI!**

**Page non  
disponible**

# LE CD MENACÉ PAR LES PUCES

Gérard Chrétien  
Héphaïstos

*Après les CD ROM pourquoi pas des ROM audio ?*

**C**ombien de temps le compact-disc va-t-il durer ?

*Non, ce n'est pas le problème de la durée de vie de ces galettes sophistiquées qui resurgit.*

*Le compact-disc est en train de remplacer le disque en vinyl, la technique de celui-ci (la gravure mécanique de l'information) est vieille d'un siècle.*

*Avec l'accélération de la technique, il est certain que le compact-disc ne règnera pas aussi longtemps.*

*Même s'il est un peu indécent de s'interroger sur la durée d'un règne et sur l'identité du successeur*

*alors que le sacre n'est pas fini, nous pouvons déjà imaginer l'avenir en nous tournant vers la microélectronique :*

*Depuis l'avènement du transistor, elle n'a cessé de faire des prodiges.*

*Les perspectives les plus audacieuses ont été très largement dépassées.*

*Les commentateurs les plus prudents ne trouvent plus d'images assez fortes pour traduire cette fantastique évolution.*

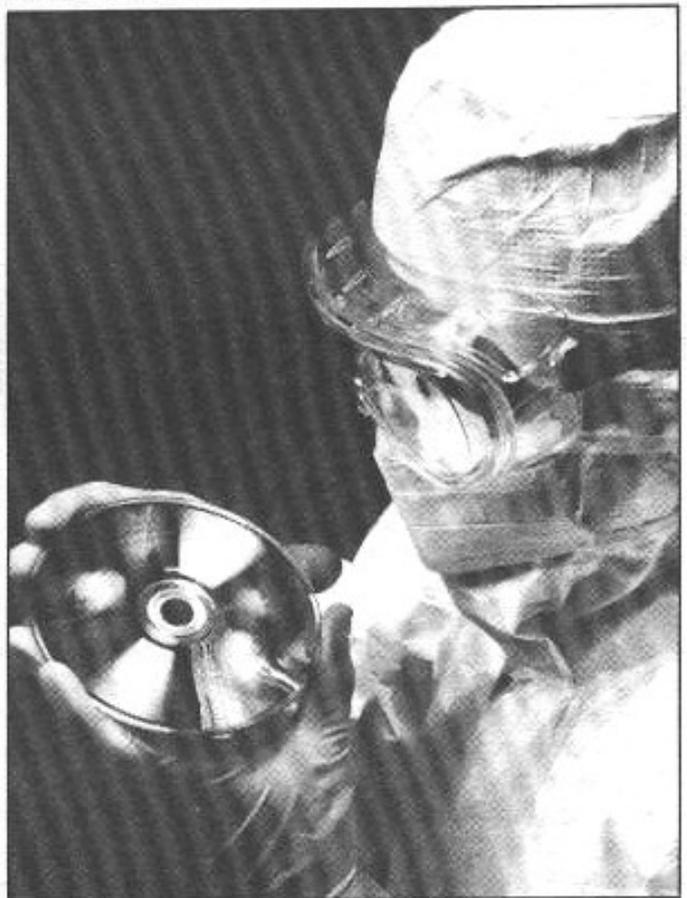
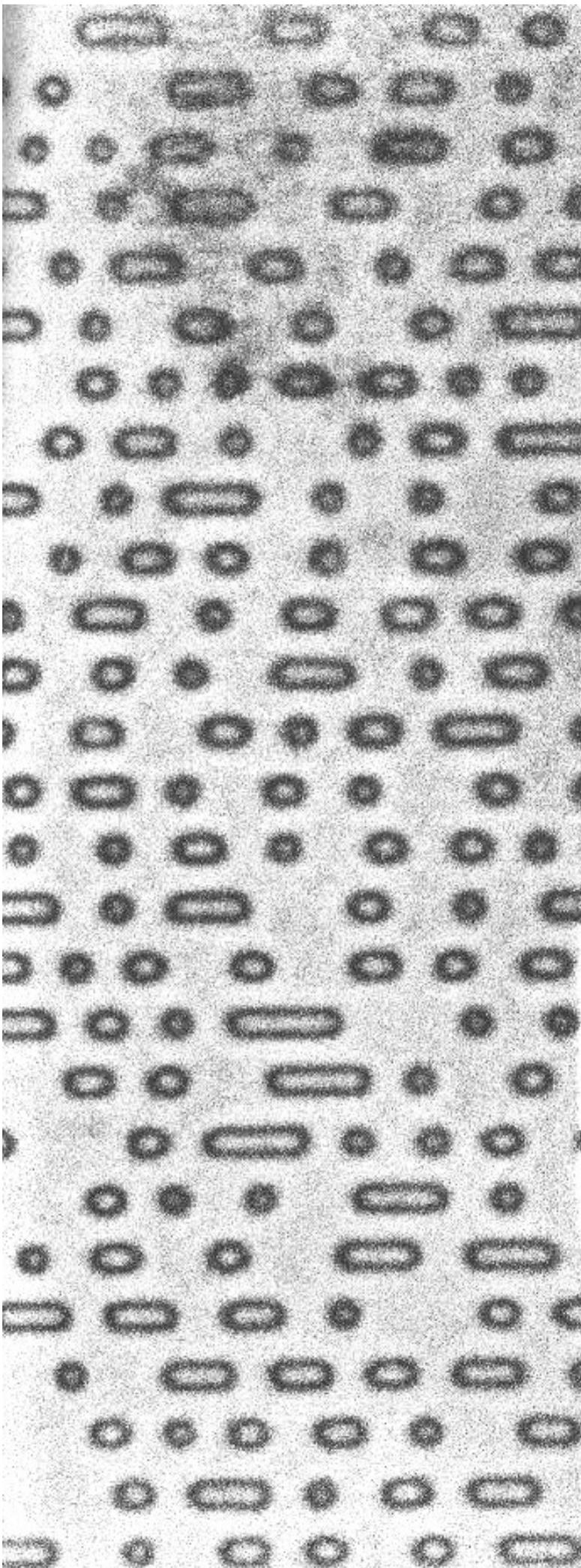
*Ainsi : « Si l'automobile avait évolué aussi rapidement que les circuits électriques, en 10 ans, le prix des Rolls serait tombé à quelques francs ! »*

*(Sciences et Techniques : La Révolution de l'intelligence).*

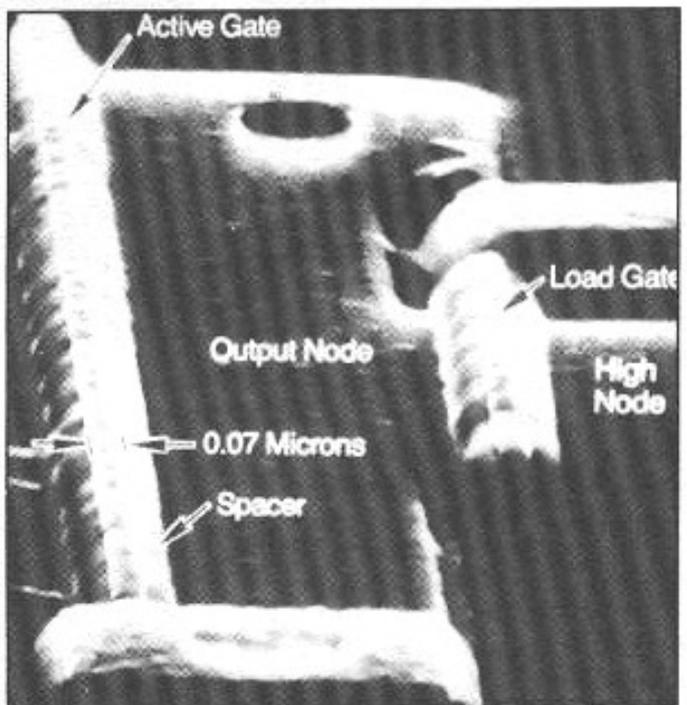
*Comme nous le notions dans notre précédent numéro, cette fin de siècle est marquée par une interpénétration des différents domaines,*

*aussi est-il important d'avoir un regard grand-angle sur tous les bouleversements technologiques pour essayer d'imaginer ce que sera l'audio de demain.*

*Dans cet article, nous vous proposons un voyage au cœur de la micro-électronique, voyage au bout duquel il n'est pas exclus, comme vous le verrez, d'imaginer la musique stockée dans un semi-conducteur...*



Doc. PDO



Doc. IBM

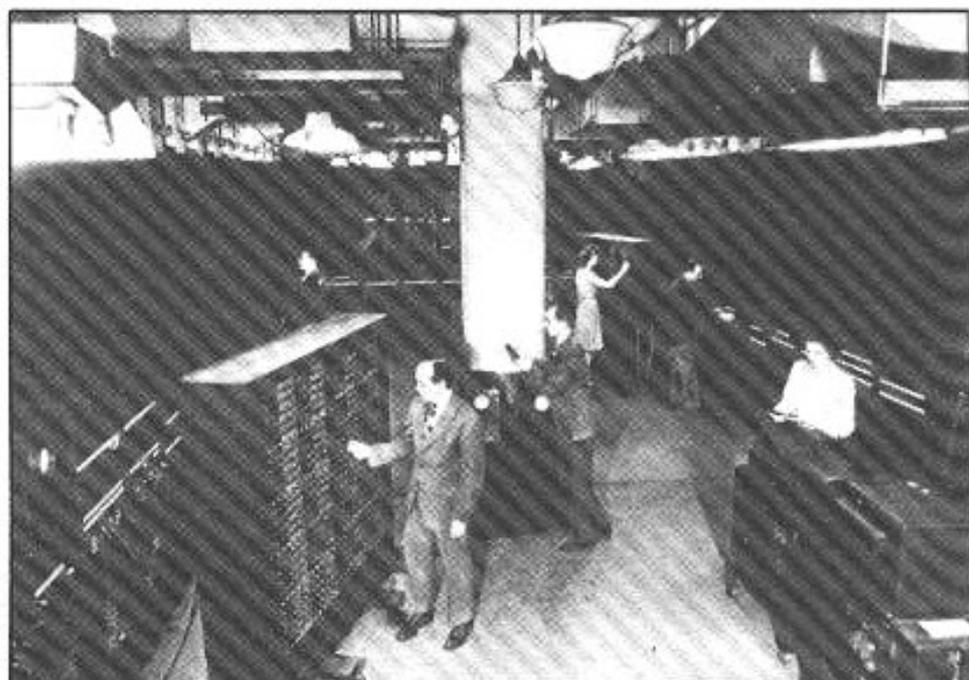
Imaginer cela peut paraître un peu fou. Pourtant, si l'on se reporte 30 ans en arrière et que l'on mesure le chemin parcouru depuis, l'audace de notre démarche devient bien relative. Nous vous proposons quelques repères dans cette science toute jeune qu'est la micro-électronique afin de vous placer au cœur de cette course effrénée.

## Quelques repères dans la course infernale de l'intégration

En 1946, IBM proposait son ordinateur Eniac. Ce monstre de 30 tonnes préfigurait, par son gigantisme, la fin de la technologie du tube. Deux années plus tard, en 1948, dans ce creuset d'innovations qu'a été la Bell Laboratories, Bardeen, Brattain, Shockley inventaient le transistor. En 59, Univac lançait le Solid State Computer, premier ordinateur de deuxième génération entièrement transistorisé. Cependant très vite le transistor allait atteindre ses limites : en 1960, l'ordinateur Control Data renferme déjà 25 000 transistors et 100 000 diodes.

C'est en 58, toujours à la Bell Laboratories que fut réalisé le premier MOSFET dont le principe fut proposé dès 1923 par Lilienfeld. Cette invention est d'une grande importance car ce transistor est le composant de base de la haute intégration. A cette époque, William Shockley, le père du transistor à jonction, quitte la Bell pour créer sa propre entreprise : Fairchild. Elle allait être le point de départ de la Silicon Valley... Cette compagnie allait réaliser en parallèle avec Texas Instruments les premiers circuits intégrés, cela en 59. La commercialisation de ces premiers circuits interviendra en 61. Une nouvelle page était tournée. On entrait dans la troisième ère électronique.

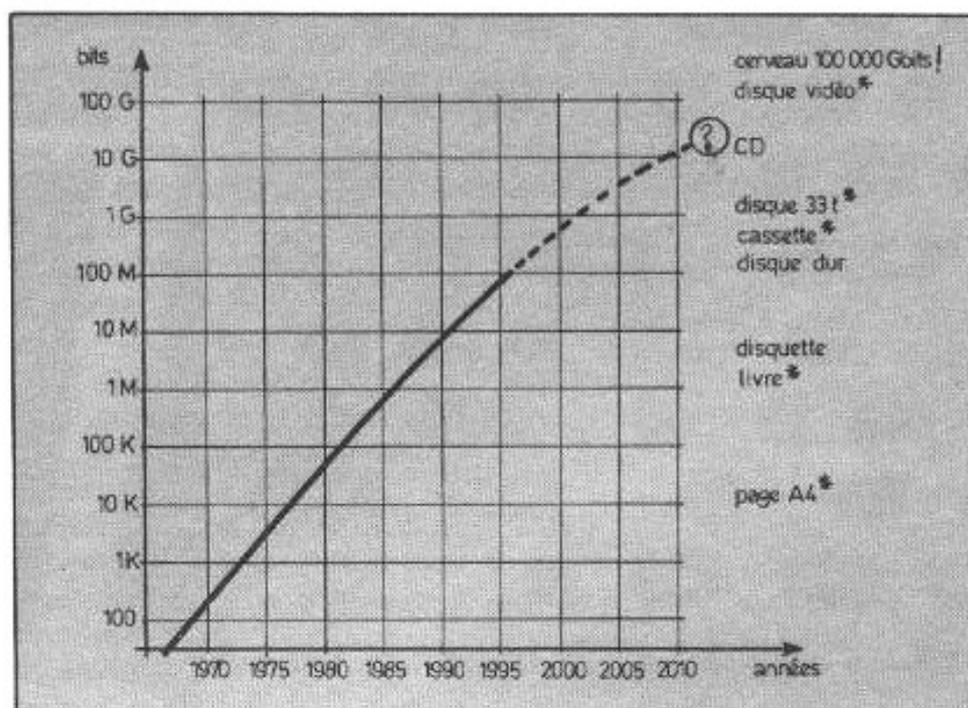
Depuis, l'intégration n'a cessé de s'accélérer. En 65, on parve-



L'ordinateur à tubes Eniac d'IBM en 1946. Son gigantisme, 30 tonnes, préfigurait la fin d'une technologie... (Doc. IBM).

nait à assembler sur une même puce quelques dizaines de transistors. C'est l'époque de l'intégration à moyenne échelle (MSI, Medium Scale Integration). En 70, avec la technique LSI (Large Scale Integration), on parvenait déjà à intégrer plus de 1 000 élé-

ments sur un petit pavé de silicium. En 75, 10 000 composants, en 80 avec 100 000 composants, c'est la VLSI (Very Large Scale Integration) dans laquelle nous sommes en 88 avec plusieurs millions de transistors dans un même circuit. La firme



Evolution de la capacité des circuits intégrés. Sur la droite sont indiqués divers supports mémoire (l'astérisque indique les valeurs analogiques reportées en valeur numérique).

japonaise NTT annonçait il y a un an déjà avoir réalisé un prototype de mémoire intégrée, 16 Mbits, ne comportant pas moins de 40 millions de transistors avec des pistes de 0,7 micron (Toshiba, Hitachi et Matsushita ont fait aussi bien depuis).

La technologie ULSI (Ultra Large Scale Integration) est pour très bientôt avec ses milliards de transistors sur une même plaquette de silicium. Comme nous allons le voir, les limites fixées à cette course infernale laissent augurer raisonnablement de telles prouesses.

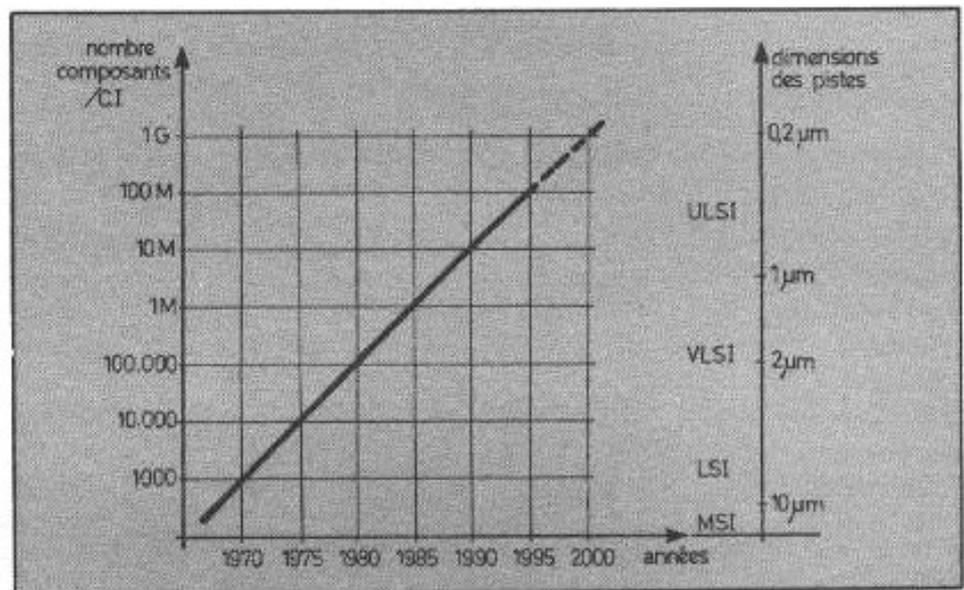
## Où se situent les limites de l'intégration ?

Il y a deux aspects à considérer. Le premier est d'ordre physique : jusqu'où la physique du solide nous autorise-t-elle à miniaturiser ? Le second est un problème de faisabilité.

### Les limites physiques

En 40 ans, la surface occupée par un transistor a été réduite par un facteur de 10 000. Aujourd'hui, la taille des motifs gravés dans un circuit intégré est de l'ordre du micron. Les experts annoncent pour 95 des tailles de 0,3 microns pour 100 millions de transistors sur quelques dizaines de  $\text{cm}^2$ . Le géant américain IBM a déjà réalisé, il y a deux ans de cela en 86, un prototype de MOSFET dont la grille a une largeur égale à 0,07 micron. Preuve s'il en est qu'il est possible de graver des motifs d'une finesse aussi extrême. Reste à savoir dans quelle mesure l'intégration d'un très grand nombre de tels composants est possible. En termes d'intégration, comme nous le mentionnions plus haut, les Japonais atteignent les 40 millions de transistors avec des tailles de motifs de 0,7 micron, voire 0,5 micron (Toshiba).

La physique du solide fixe comme limite inférieure de dimension latérale d'un transis-



Evolution de la densité de composants dans un circuit intégré. A droite sont données à titre indicatif les dimensions des motifs gravés.

tor 0,5 micron (concentration maximale de dopage dans le silicium qui est de  $10^{18}$  atomes par  $\text{cm}^3$  : au-delà le semiconducteur devient un quasi conducteur et l'effet transistor « s'envole »). Autre limite, l'épaisseur de l'isolant qui sépare la grille d'un MOSFET du canal dans lequel circule les électrons entre la source et le drain. Cette épaisseur ne peut être inférieure à 0,05 micron ; en dessous le transistor « fuit », des électrons s'échappant du canal pour aller sur la grille (effet tunnel).

Afin d'aider à la compréhension de ces termes un peu récalcitrants pour nos lecteurs non techniciens, on peut imaginer le fonctionnement d'un MOS de la façon suivante : un tuyau d'eau souple dans lequel s'écoule un flux, les électrons dans le cas du MOS ; ce flux peut être modulé par pression en pinçant entre les doigts le tuyau, c'est le rôle de la grille qui, suivant le potentiel électrique qui lui est appliqué, module l'écoulement d'électrons.

Cette parenthèse fermée, revenons à nos dimensions microscopiques. Une intégration de l'ordre du milliard de transistors par circuit implique des tailles de motifs de l'ordre de 0,15 micron.

Ainsi la physique du solide ne nous interdit pas de rêver à de telles performances.

### La faisabilité

L'outil de base actuel en photolithographie est la gravure laser. Elle permet d'atteindre des tailles de 0,3 microns. Au-delà il faudra passer aux faisceaux d'électrons, rayons X, projections ioniques. Ces divers procédés sont en cours d'expérimentation et a priori rien ne laisse supposer qu'il y ait d'impossibilités à ce niveau-là.

Un autre problème est la contamination des salles blanches, salles où sont réalisés les circuits intégrés. Il est bien évident qu'à de telles dimensions, toute pollution aussi infime soit-elle prend de proportions dramatiques. Les diverses recherches ont montré que la contamination est essentiellement due au personnel (entre 0,4 et 5 millions de particules par minute et par opérateur) malgré toutes les précautions prises. Il est certain que seule une automatisation poussée permettra les intégrations que l'on souhaite obtenir. Ce n'est toutefois pas évident car actuellement les circuits à très hautes performances ne peuvent être réalisés que par intervention

Support	Capacité	Pages A4 correspondantes
Page A4 de 2 000 caractères	16 kbits	1
Mémoires à bulles magnétiques	1 Mbits	62,5
Mémoire à semi-conducteur	4 Mbits	250
Disquette informatique (5 1/4)	12 Mbits	750
Disque magnétique informatique	720 Mbits	45 000
Cassette 60 minutes (analogique)	860 Mbits *	62 500
Disque 33 t (analogique)	1 200 Mbits *	75 000
CD ROM	5 300 Mbits	330 000
Mémoire holographique	10 000 Mbits	630 000
CD Audio	15 000 Mbits	940 000
Disque optique 30 cm	20 000 Mbits	1,3 million
Disque magnétooptique	30 000 Mbits	1,9 million
Bande vidéo (analogique)	150 000 Mbits *	9,4 millions
Disque vidéo (analogique)	150 000 Mbits *	9,4 millions
Cerveau humain (indicatif)	100 millions Mbits à long terme	6,25 milliards

\* Stockage analogique converti en valeur numérique.

Tableau 1 : Comparaison des divers systèmes de mémorisation.

manuelle. Là aussi, la performance passe par l'évolution des robots.

Il y a aussi des problèmes économiques qui interviennent : les rendements de fabrication décident de la vie d'un circuit. Il y a beaucoup de travail entre une prouesse de laboratoire et un produit rentable parce que son coût est raisonnable sur le marché. Pour réduire les coûts, on utilise des « wafers » de plus en plus grands (pour faire plus de circuits d'un coup) et des matériaux de plus en plus purs dans des salles de plus en plus propres.

Le rendement est lié à la densité de défauts et à la taille de la puce, car un défaut sur une puce, c'est une puce à jeter. On pourrait imaginer augmenter la taille des circuits à technologie constante par un accroissement de la surface, ce n'est pas possible à cause des rendements qui définissent la taille maximale.

Un autre problème a un impact économique important : c'est le test ; plus un circuit est complexe, plus il présente de combinaisons différentes à tester. Ce nombre de combinaisons multiplié par la durée maximale d'un cycle définissent la durée minimale pour le test, c'est-à-dire le temps d'immobilisation d'une machine extrêmement coûteuse. La part relative du coût du test ne cesse de croître même si les fabricants de circuits intégrés ont déjà renoncé à tester toutes les combinaisons.

Il existe bien d'autres problèmes à résoudre avant d'entrer dans la « Giga Scale Integration » tels que le vieillissement prématuré des MOS lorsque les dimensions se réduisent mais aussi le problème des interconnexions. Il faut savoir que sur une mémoire de 500 000 transistors, il y a plusieurs mètres d'interconnexions internes, tout cela sur une surface de 25 mm<sup>2</sup> !

Ces connexions sont, elles aussi, soumises à la même réduction d'échelle. L'aluminium est limité par une densité de courant de 1 million d'ampères par cm<sup>2</sup>. Au-delà, il se produit un phénomène d'électromigration (interaction du flux d'électrons avec les atomes du conducteur conduisant à sa rupture) s'accompagnant d'une usure prématurée du circuit intégré. On travaille actuellement sur des conducteurs hybrides composites à base d'aluminium, de titane et de tungstène en multi-couches. Les progrès fulgurants de la supraconductivité pourraient apporter des éléments de réponse à ce problème dans les prochaines décennies.

## Le CD et les divers systèmes de mémorisation

Le tableau 1 illustre très clairement les capacités de stockage

d'informations des divers systèmes de mémorisation. Il est bon de rappeler que le bit caractérise un chiffre binaire, c'est la plus petite information en informatique. Il ne faut pas confondre bit avec byte, mot anglais équivalent du mot français octet, lequel est égal à 8 bits. Le plus gros système de stockage d'informations connu actuellement reste le cerveau humain. Lequel, avec ses  $10^{10}$  à  $10^{12}$  neurones, chacun avec 1 000 synapses (points de contact entre deux cellules nerveuses) atteint une capacité de stockage de l'ordre de  $10^{14}$  (données ramenées à un fonctionnement équivalent des logiques électroniques), soit 100 000 milliards d'informations élémentaires... Certes, même les rêves les plus fous en matière d'intégration nous laissent encore très loin derrière. Cependant, lorsque l'on considère les besoins de stockage nécessaires en audio, le CD en particulier, nous remarquons que ce dernier a une capacité de mémorisation de 15 Gbits (15 milliards). Nul doute qu'il s'agit là d'un support de grandes performances. L'informatique, avec le CD ROM (660 Mo., soit 5,3 Gbits), l'utilise d'ailleurs comme support privilégié. Il est certain que 15 milliards de bits peuvent laisser perplexe. On est très au-delà des capacités de stockage des prototypes de mémoires intégrées les plus avancées. En regardant de plus près, on note que dans le cas du CD, 10 Gbits sont réquisitionnés pour les seuls asservissements, repérages, corrections d'erreurs, synchronisation... L'information audio proprement dite ne requiert pour sa part « que » 5 Gbits. Cela pour les deux canaux en stéréophonie (voir « Quoi de neuf » dans le numéro précédent).

Ce volume d'information stockée est lié au débit de bits par unité de temps appelé flux d'informations. En effet, en codage 16 bits avec une fréquence

d'échantillonnage de 44,1 kHz (cas du CD audio), le flux d'informations correspondant est tout simplement de

$$16 \times 44,1 \cdot 10^3 = 70,56 \cdot 10^4 \text{ bits/s}$$

$$\text{soit } 2,54 \cdot 10^9 \text{ bits/h}$$

ou encore 2,54 Gbits/h par voie. En stéréophonie, cela fait environ 5 Gbits/h.

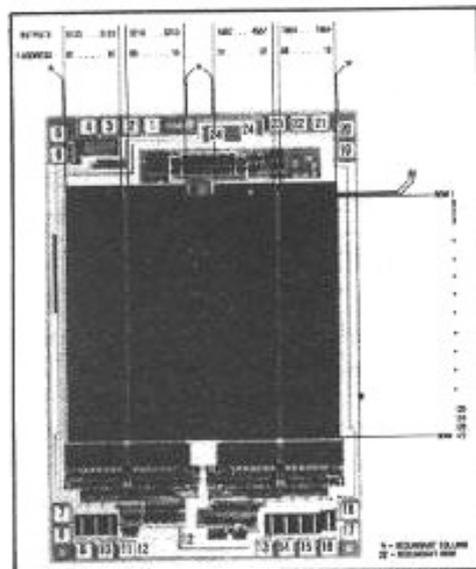
A titre indicatif, l'information stockée dans un 33 tours analogique convertie en numérique est estimée à 1,2 Gbits.

## La musique en mémoire de semi-conducteurs

Si nous essayons d'imaginer ce que pourrait être un circuit mémoire qui contiendrait toutes ces informations, il nous faut nous tourner vers les circuits RAM dynamiques actuels : RAM pour Random Access Memory, c'est-à-dire mémoire à accès aléatoire, et dynamique parce que l'information y est stockée sous forme de charges électriques dans un micro-condensateur, celui-ci ayant des petites fuites l'information finit par disparaître ; contrairement aux mémoires statiques qui conservent l'information tant qu'elles sont alimentées.

Une RAM dynamique est organisée selon le schéma de la figure A : des circuits de décodage permettent de sélectionner une cellule élémentaire qui fournit son information. La figure B nous montre comment est réalisée une cellule élémentaire. Elle a été réduite au minimum et ne comprend que la capacité mémoire et un transistor à effet de champ. Pour que le transistor conduise, il faut qu'il soit sélectionné par sa commande ligne et par sa commande colonne, et que la capacité soit assez chargée.

Pour un circuit mémoire audio, on pourrait utiliser la même structure avec une cellule élémentaire encore plus simple (voir la figure C) la capacité



Puce de RAM dynamique. On remarque les circuits de décodage organisés autour de la surface mémoire. (Doc. Cypress).

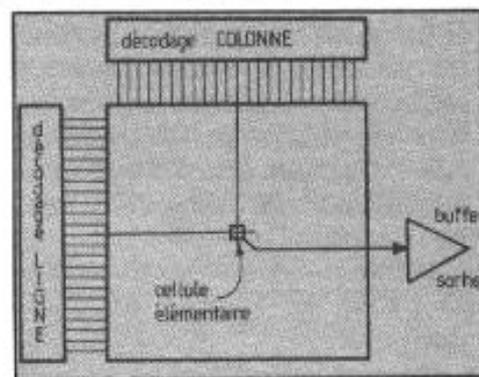


Fig. A : Structure d'une RAM.

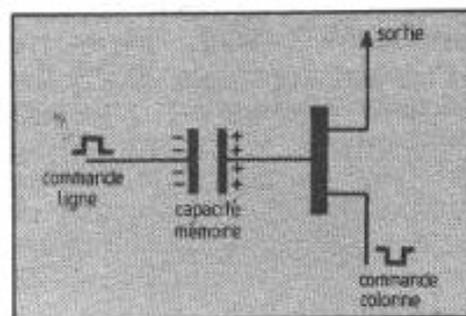


Fig. B : Cellule élémentaire d'une RAM.

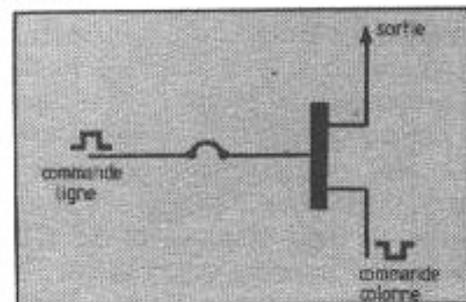


Fig. C : Cellule élémentaire d'une ROM.

étant remplacée par un circuit ouvert ou fermé selon que l'information à stocker est un 1 ou un 0. On peut même imaginer de mettre un transistor ou de ne pas en mettre et d'économiser un certain nombre de transistors, mais alors la structure de la puce serait dépendante de l'information stockée : la puce serait plus simple à réaliser mais plus complexe à concevoir ; avec les progrès de la CAO (Conception Assistée par Ordinateur) c'est très envisageable.

Quelle serait la taille de notre circuit ? Dans une RAM dynamique, il faut environ compter deux transistors par bit : un par cellule plus un en moyenne pour les décodages, les amplifications diverses et l'écriture. Au vu des simplifications envisageables pour l'audio et sans écriture, il est possible d'évaluer le nombre de transistors par bit à environ 1,5. Cela nous fait donc environ 10 milliards de transistors dans les standards actuels : 16 bits, fréquence d'échantillonnage 44,1 kHz et 75 mm de durée maximale.

Comme nous l'avons vu, la « Giga Scale Integration », avec des circuits ULSI en technologie silicium C-MOS, permettra d'accéder après l'an 2000 à des circuits renfermant plusieurs milliards de transistors. Ainsi, envisager de mettre de la musique en boîte semiconductrice ne relève déjà plus de la fiction. D'ici une vingtaine d'années, cela pourrait être réalisable.

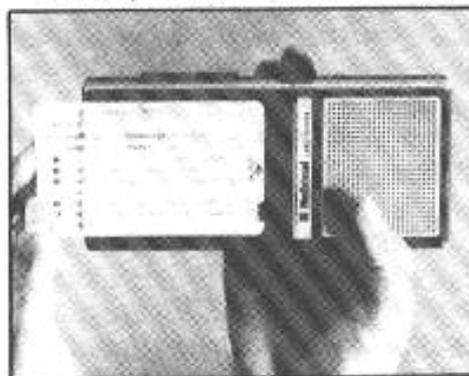
On peut même imaginer que les ROM audio (ROM pour Read Only Memory, c'est-à-dire mémoire à lecture seulement) puissent favoriser les progrès de la microélectronique : la fabrication du compact-disc actuel utilise des techniques mises en point par l'industrie des circuits intégrés. A son tour, avec le CD ROM, l'informatique utilise la technologie des compacts-discs. Les ROM audio seront plus faciles à fabriquer que des circuits de

taille équivalente pour l'informatique, car avec des circuits de correction d'erreur comme ceux utilisés dans les lecteurs de compact-disc, ils pourront absorber des taux d'erreur non nuls. Comme le marché des ROM audio sera important il pourrait justifier les recherches et des investissements qui s'étant perfectionnés dans la réalisation des ROM audio autoriseront la réalisation de circuits de taille équivalente pour l'informatique avec des taux d'erreur admissibles par celle-ci.

Sous quelle forme le successeur du CD se présentera-t-il ? Nul ne peut le dire aujourd'hui, mais l'on peut aisément imaginer de petites cartes enfichables dans un lecteur dont la simplicité sera extrême puisque dépourvue de toute mécanique. Le coût de fabrication d'un tel lecteur devrait être considérablement plus bas que celui de nos lecteurs de CD actuels.

Autre point intéressant, la qualité du message. L'accès à l'information originale sera directe, sans aucune dégradation de lecture. Finies les corrections d'erreurs sophistiquées, la chasse aux vibrations parasites, bref tout ce qui fait actuellement la différence entre un très bon lecteur et un modèle de bas de gamme.

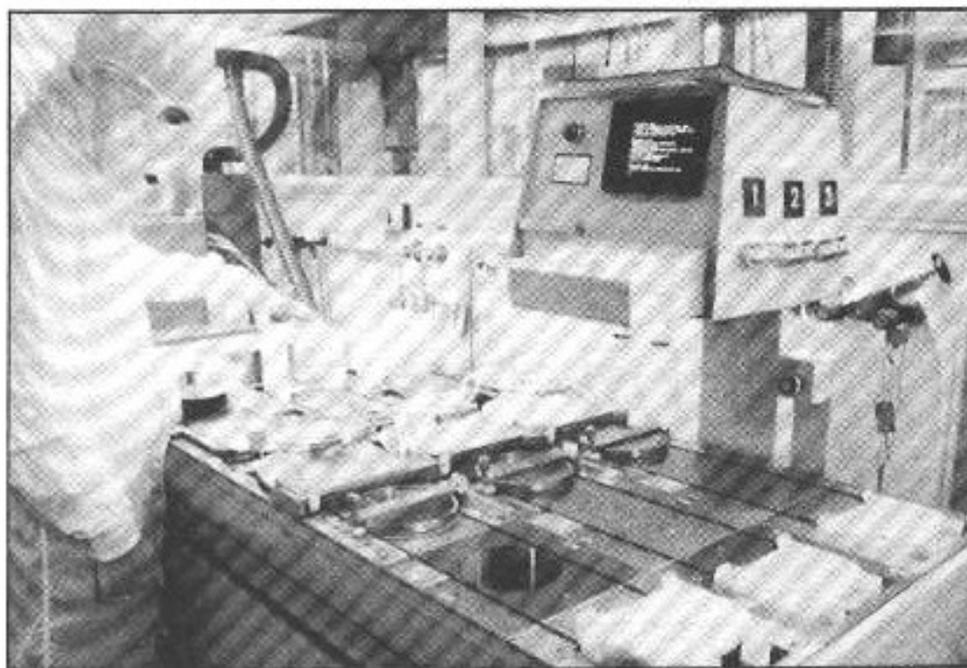
Certes, il reste une interroga-



*Il y a plus de dix ans, National Panasonic proposait ce lecteur de carte. Destiné à l'apprentissage des langues, près d'une heure de message audio était enregistrés sur une carte magnétique. A quand la carte à mémoire audio de semi-conducteur... ?*

tion de taille : est-ce que l'industrie de la micro-électronique de l'an 2000 sera à même de fabriquer en très grandes quantités de telles mémoires avec un taux de rejet suffisamment bas pour être économiquement compétitive (pour information : le coût de base fabrication d'un CD est actuellement de l'ordre de 10 F). C'est un autre aspect du problème et c'est peut-être là que se situe la limite la plus délicate à franchir. Il faut toutefois savoir tirer les enseignements de ces dernières années. Le Japon a su remarquablement tirer profit des applications grand public, audio entre autres, pour rentabiliser en un temps record de nouvelles technologies ; ce que les Américains ne savent pas faire vu qu'il se sont coupés de la plupart des domaines des applications de l'électronique grand public. Aussi, ne faut-il pas négliger l'intérêt que représenteraient les débouchés de mémoires « musicales » pour les grands industriels japonais qui pourraient trouver ainsi un moyen de rentabilisation extrêmement rapide de telles innovations. Sans compter avec les applications dans le domaine de la vidéo pour le stockage d'images (qui requiert beaucoup plus de capacités mémoire que le son) où le pas du numérique n'a toujours pas été franchi (sur les CD vidéo qui sortent actuellement l'image est en analogique). Mais il est certain que la numérisation deviendra très vite indispensable pour le traitement des images, entre autres avec la très haute définition.

Pour conclure, notons également que des domaines tels que la traduction simultanée ou la reconnaissance vocale sont actuellement en pleine effervescence, ils nécessitent eux aussi des stockages d'informations considérables. Sans oublier l'informatique qui, pour atteindre la convivialité que souhaiteraient les concepteurs



d'aujourd'hui, devra avoir recours à des mémoires tout aussi impressionnantes. Tout cela se traduit par des budgets qui dépassent les possibilités des simples entreprises. A titre d'exemple, dans le cadre des projets européens on trouve, outre le Mega Project de Philips et Siemens qui arrive dans sa phase

finale, les projets Eureka, Eprom (Thomson, SGS) d'un budget de près de 2 milliards de francs et surtout le projet Jessy (Thomson/SGS, Philips, Siemens...) estimé à lui seul à plus de 20 milliards, ayant pour objectif la production de circuits C-MOS en technologie 0,2 micron (dont des mémoires de



*Les retombées potentielles de la haute intégration sont telles qu'elles génèrent des projets de recherche dont les budgets sont considérables. Ainsi le projet européen Jessy dépassera les 20 milliards de francs ! La rentabilisation de ces programmes impliquera inévitablement les domaines « grand public » dont l'audio. (Doc. RTC)*

64 Mbits). Un tel budget est de l'ordre de grandeur de ceux des projets Ariane ou Airbus. Mais cela suffira-t-il pour que l'Europe relève le défi. En 86, sur les trois marches du podium du marché mondial des semi-conducteurs, on trouvait déjà Nec, Hitachi, Toshiba, trois japonais.

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

# RAAGVÈRE

Patrick Vercher



Fac-similé couverture Revue du Son octobre 1971

# A

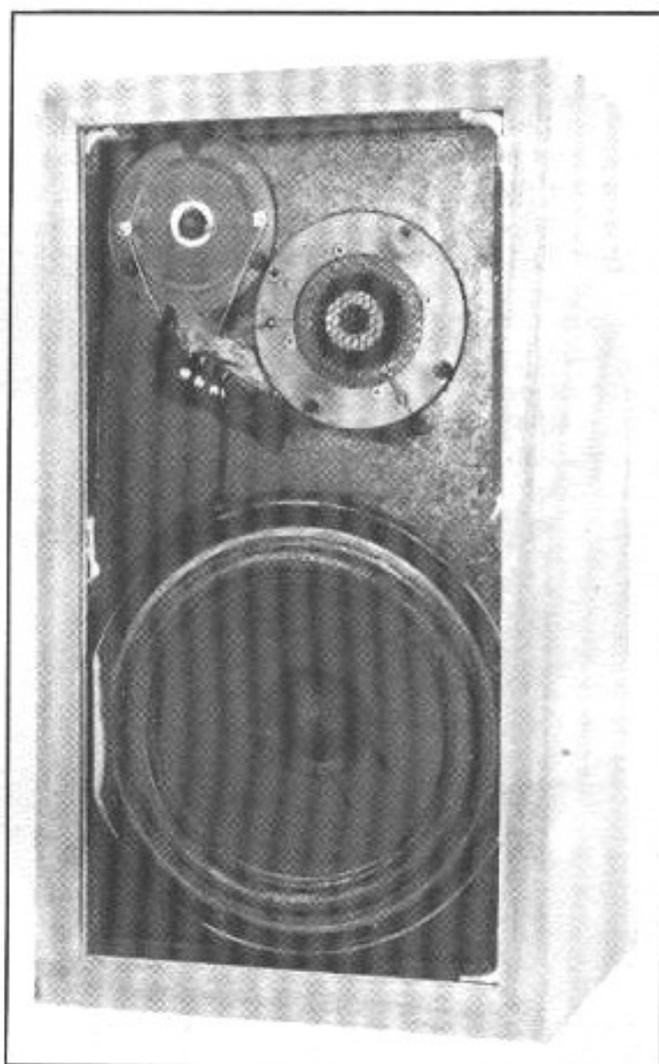
près la Hartsfield JBL décrite dans la précédente rubrique « Naguère », nous passons à une autre enceinte qui a révolutionné le monde de la Hi-Fi en son temps : l'AR 3. En effet, ce système 3 voies, voici 30 ans, a ouvert la voie des systèmes compacts dits « de bibliothèque ». Elle est capable cependant de reproduire le grave et l'extrême-grave avec du niveau, grâce au principe de la suspension acoustique mise au point par M. Edgar Villchur. Lequel a été aussi le premier à adopter un profil de membrane à dôme hémisphérique pour les haut-parleurs médium et tweeter. S'il est vrai que les performances dans le grave sous un si faible volume sont obtenues au détriment du rendement, la linéarité, l'absence de colorations désagréables, ont largement compensé ce léger inconvénient qui a d'ailleurs poussé nombres de constructeurs d'amplificateurs à revoir leurs circuits pour fournir plus de puissance tout en conservant une bonne musicalité, mais cela est une autre histoire...

# AR-3

Acoustic Research

15 décembre 1962, je sèche l'après-midi de gymnastique. Ils appellent cela « plein air ». J'en profite avant Noël pour aller faire la tournée des quelques rares « magasins de radio ». J'ai pris le virus très tôt. Je descends la rue de Rome et suis ébloui dans tous les sens du terme par la vitrine de Télé Radio Commercial. J'ai à peine poussé la porte, les vendeurs en blouse blanche font plus que m'intimider ; tant pis j'y vais. J'aborde celui qui me paraît le plus affable et demande « si je peux écouter la révolution acoustique », dixit, « les AR3, dont j'ai vu la photo, dans votre « réclame » des pages bleues de la Revue du Son avec vos tarifs. » J'ai débité tout cela d'une seule traite. M. Serge me toise un peu après un « blanc » qui me parut un siècle, me conduit dans l'auditorium du fond où soigneusement sont alignés les plus beaux appareils de l'époque, qui rutilent de tous leurs chromes et de toutes leurs façades dorées. M. Serge, d'un calme absolu, pose délicatement le disque « Ainsi parlait Zarathoustra » sur le plateau de la Thorens TD 124 avec bras S.M.E. et Shure 45. Il pousse le bouton de volume du préampli Marantz 7C suivi de l'ampli 8B. Les AR3 sont placés sur des gros monstres à bonne hauteur. D'un seul coup, la musique emplit le petit auditorium avec une impression de douceur, d'ouverture et de grave profond, sans commune mesure avec la taille des AR3. Je m'approche de celles-ci pour voir s'il n'y a pas supercherie et si les grosses

enceintes du dessous (des Bozak) ne fonctionnent pas aussi : non, c'est bien le coffret dit de bibliothèque qui marche. A l'époque « habitué » au Klipsch, Hartsfield, Olympus, Electro Voice Patrician, Jensen Concert et Bozak Symphonie, je suis vraiment interloqué par les incroyables performances de l'AR3 dans le grave sous un si faible volume. Ainsi, sur la pédale d'orgue soutenue de l'introduction d'« Ainsi parlait Zarathoustra », la fondamentale n'était pas tronquée et on pouvait ressentir la colonne d'air dans les grands tuyaux de l'orgue, cela avec un niveau incroyable alors que des enceintes quatre fois plus volumineuses s'évanouissaient en dessous de 70 Hz. Certes, j'ai remarqué que le volume du 7C était presque à fond, détectant un rendement à l'époque beaucoup plus faible que sur les autres enceintes, mais ce que l'on perdait d'un côté, on le gagnait de l'autre en facilité de placement et d'intégration dans le décor, sans parler du coût nettement plus accessible. C'est d'ailleurs peut-être sur ce dernier point que l'on



doit rendre le plus hommage à ce nouveau principe de charge que l'on doit à un chercheur persévérant, modeste, et cernant parfaitement les avantages et les inconvénients des divers principes de charges.

## Un peu d'histoire

Au tout, tout début de la Hi-Fi, vers les années 50, le matériel de transcription sonore était étroitement dérivé des appareils professionnels de studio et, pour

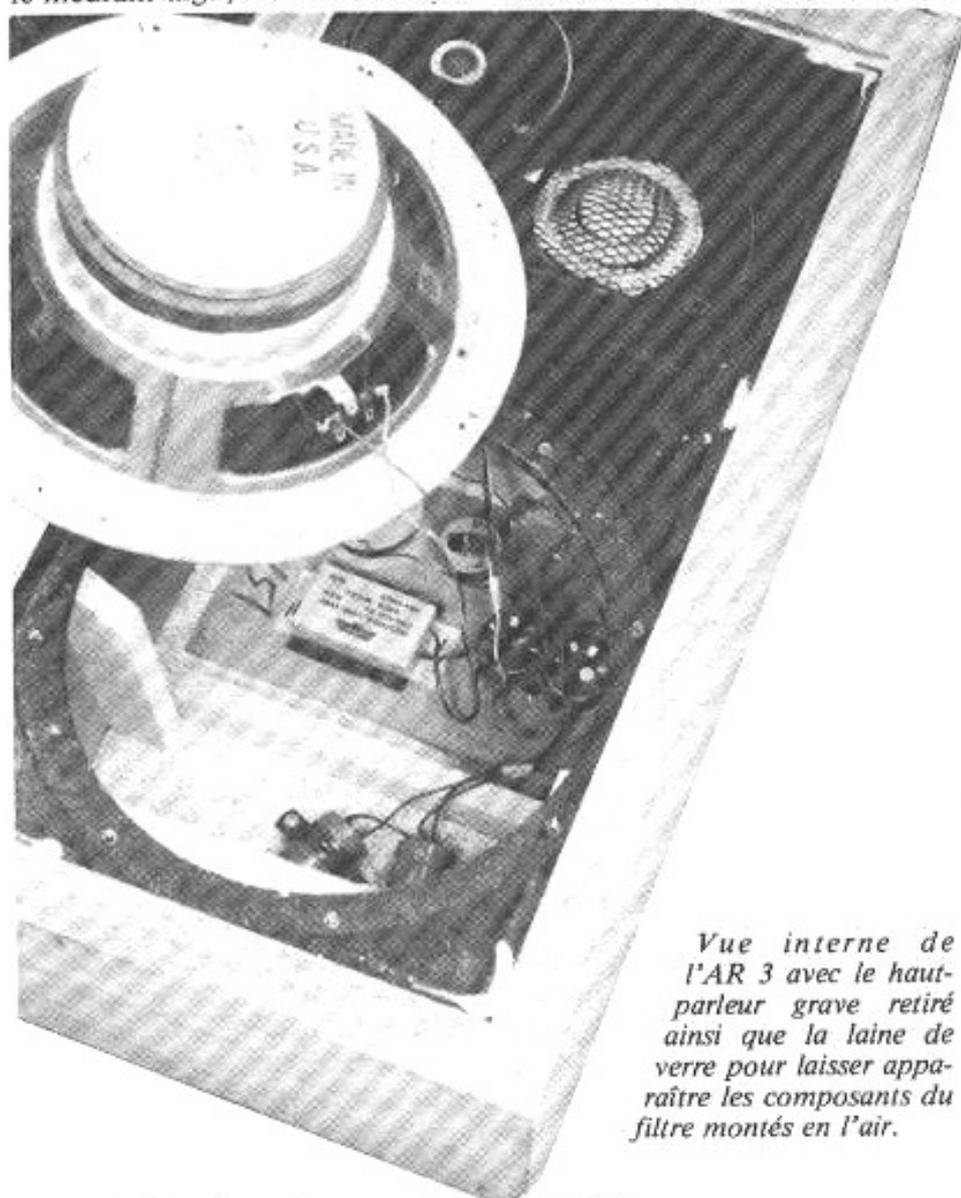
les enceintes, des haut-parleurs de cinéma. Il ne faut pas s'étonner ainsi de trouver dès les années 30 les principaux fabricants de haut-parleurs à proximité des studios d'Hollywood, où les réalisateurs voulaient un son aussi « grand » que la taille des images. C'est pourquoi on vit fleurir des enceintes à très haut rendement avec des haut-parleurs grave de grand diamètre chargés par des enceintes de volume gigantesque travaillant soit en bass-reflex, soit avec des pavillons exponentiels de formes plus ou moins complexes. Pour le médium-aigu, les chambres de

Sound ». Le Son de l'Ouest, extrêmement exubérant, avec une directivité bien contrôlée, hyper-dynamique et précis, mais parfois entaché de pointes de coloration à la « Donald Duck ». Or, nos audiophiles de la première heure se tournèrent tout naturellement vers ce type d'enceintes, ne voulant pas se sentir frustrés par un manque de grave ou de dynamique (l'histoire n'est qu'un éternel recommencement). Bien sûr, il y eut quelques scènes de ménage, madame ne voyant pas forcément d'un très bon œil l'arrivée de tels monstres dans la maison

à très haute compliance avec, de ce fait, une suspension périphérique très souple, mais étanche, un spider très peu raide, une bobine longue, un cône très rigide, fortement amorti et une enceinte close vraiment étanche, bourrée de matériau amortissant, de la laine de verre. Il présenta pour la première fois ce coffret grave AR1 W avec deux cellules électrostatiques Janszen au cours du salon Hi-Fi en 1954 à New York. L'étonnement des auditeurs présents fut identique au mien, huit ans plus tard, à la découverte de l'AR3 chez Télé Audio Commercial. Certains se sont même demandés s'il ne s'agissait pas d'une supercherie et allait voir derrière les rideaux pour constater de visu qu'il n'y avait de grosses enceintes cachées derrière. M. Villchur déposa le principe de la suspension acoustique en 1956 (n° 2775309). Mais il ne s'arrêta pas en si bon chemin puisqu'il réalisa les premiers haut-parleurs médium et tweeter à dôme hémisphérique à rayonnement direct. Les dômes étaient déjà connus depuis bien longtemps avec les diaphragmes en aluminium et leurs suspensions en iris des chambres de compression, mais par contre personne n'avait pensé à former des dômes dans du tissu imprégné ou du carton très fin et d'amortir les résonances par un traitement approprié..

L'AR1, puis l'AR3 ont véritablement ouvert la voie des enceintes « domestiques dites de bibliothèque, car leur taille permettait de les loger sur des étagères (ce qui n'est pas forcément l'endroit idéal). Mais aussi et surtout, par leur rapport qualité d'écoute/prix tout à fait étonnant à l'époque qui a fait basculer les notions de Hi-Fi artisanale vers l'échelon industriel.

On peut parler de véritable révolution puisque après ce modèle phare, en dehors de A.R., des centaines d'autres



*Vue interne de l'AR 3 avec le haut-parleur grave retiré ainsi que la laine de verre pour laisser apparaître les composants du filtre montés en l'air.*

compression règnent en maître avec les pavillons en forme d'escargot ou multicellulaire. Ainsi on a pu parler par la suite du fameux « West Coast

familiale.

M. Edgar Villchur reconsidéra totalement le problème de l'enceinte close en étudiant un haut-parleur de grave spécifique

marques d'enceintes ont adapté le principe de charge close avec plus ou moins de bonheur.

## L'AR 3 et ses diverses versions

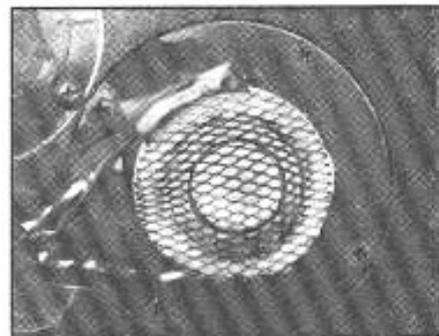
Le premier modèle AR 1W disposait d'un coffret clos de  $60 \times 34 \times 29$  cm avec un haut-parleur de 30 cm fabriqué par C.T.S. sur cahier des charges de M. Edgar Villchur. Ce haut-parleur se reconnaît aisément par sa membrane très épaisse en pulpe de cellulose d'aspect pelucheux sur la face antérieure avec suspension périphérique demi-rouleau en mousse synthétique traitée par du vernis pour la rendre parfaitement étanche. Par la suite, cette membrane s'est légèrement affinée sur l'AR 3 tout en conservant une rigidité extrême pour un fonctionnement en piston sur un large débattement  $\pm 5$  mm. De même que la suspension, le spider arrière est très très souple par rapport à un haut-parleur conventionnel. En effet, il ne sert pas de « ressort » de rappel à la membrane. Ce rôle incombe à l'air emprisonné entre l'arrière de la membrane et le coffret.

Il ne faut pas s'étonner de l'abondance de mastic et joint mou aux arêtes internes et à la périphérie du saladier pour assurer une étanchéité parfaite. Sans cela, le système de ressort pneumatique (suspension acoustique) ne peut fonctionner correctement. On s'en rend compte en appuyant sur la membrane où l'on rencontre une très forte résistance de la pression de l'air emprisonné qui la ramène à son point de repos. De même, le cache-noyau central en tissu est-il totalement imprégné d'un vernis. La bobine de 5,5 cm de diamètre sur support aluminium est d'une longueur inhabituelle, 4 cm, afin qu'elle ne sorte pas du champ magnétique sur les grandes excursions. C'est très important pour ne pas entraîner de distorsions intolérables.

Le circuit magnétique est à base d'une énorme ferrite, 15,3 cm de diamètre, avec des plaques de champ très épaisses (1 cm !), nécessaires avec la bobine longue. Le saladier en acier est recouvert par une grille de protection, pour ne pas que la laine de verre vienne bloquer la membrane à l'arrière.

Le coffret est réalisé en panneau d'aggloméré plaqué deux faces de 2,2 cm d'épaisseur avec un nombre impressionnant de renforts internes. M. Villchur insistait beaucoup sur la rigidité du coffret qui, dans le cas de son principe de charge close, était primordiale pour ne pas ajouter de colorations parasites. Ce coffret est entièrement rempli de panneaux de laine de verre qui, une fois dégagés, laissent apparaître le filtre de répartition assez complexe, monté en l'air sur une plaque en Isorel avec trois selfs sur air, une capacité papier huilé de  $6 \mu\text{F}/50 \text{ V D.C.}$  et deux capacités  $50 \mu\text{F}/50 \text{ V}$ , une résistance et deux atténuateurs à impédance constante à pistes bobinées (pour pouvoir ajuster indépendamment le niveau du tweeter et celui du médium). Ces deux derniers transducteurs étaient vraiment révolutionnaires il y a 30 ans avec leurs profils en dôme hémisphérique.

Le dôme de 5,5 cm du médium est réalisé en tissu imprégné avec bobine de même diamètre sur support papier. A l'avant, on trouve une grille de protection qui supporte aussi à l'intérieur un anneau de laine de verre et une couronne en tissu à mailles très serrées. Ces deux amortisseurs acoustiques placés devant le dôme ont permis de linéariser la réponse mais aussi d'éviter les petites pointes de résonance engendrées par le sommet du dôme et uniformiser la réponse en énergie. Le tweeter a un dôme de 1,5 formé dans de la pulpe de cellulose avec bobine dans le prolongement mais sans suspension périphérique. Celle-ci est



*Vue du haut-parleur médium à dôme de l'AR 3 avec grille de protection et amortissement par anneaux de laine de verre et tissu à mailles serrées.*

réalisée par trois points de colle placés à équidistance. La bobine plonge dans un produit visco-élastique. Il ne s'agit pas de ferrofluide, cela viendra vingt ans plus tard, mais d'un matériau assez constant quant à sa structure, même à haute température. Pour les deux transducteurs, les tresses en liaison avec le fil de la bobine ressortent par l'avant, peut-être pour éviter les problèmes de basculement autour de deux points fixes. L'isolement est assuré par deux bouts de Scotch ce qui, avec les débordements de mastic d'étanchéité, ne donnent pas une impression de grande netteté : l'efficacité avant tout.

Le branchement s'effectue par l'intermédiaire d'un bornier visant à trois plots, l'un pour la masse, l'autre pour le grave et enfin le troisième pour la cellule médium-aigu. Ainsi, avant toute autre enceinte, l'AR 3 était-elle déjà prévue pour fonctionner en bi-amplification passive et même en bicâblage. Quand on vous disait que « rien de vraiment nouveau sous le soleil de la Hi-Fi ! »

## Evolution

L'AR 3 est passée en AR 3a en 1967. Les dômes hémisphériques des médiums et tweeters ont légèrement diminué en diamètre pour une plus grande douceur dans le haut du spectre avec des modifications du filtre de répar-



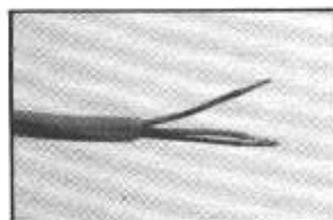
## L'ESPACE

**Des câbles audio pas comme les autres**



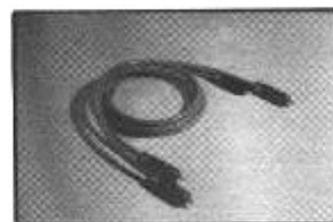
*... dès les premières notes (comme on dit dans le métier) le pouvoir d'analyse était évident, avec une restitution des micro-informations et de la dynamique, identique, voire supérieure à l'une de nos références (devinez laquelle ?).*

N.R.D.S. octobre 88



*... une définition à couper le souffle, un pouvoir de résolution qui s'apparenterait à une optique Zeiss en photo.*

N.R.D.S. octobre 88



*... Nous sommes restés pantois.*

Hifi-Stéréo octobre 88

DISTRIBUTION EXCLUSIVE

**HIFI . HA PHAN KIM**

Tél. 42 40 91 97  
53, Rue de Belleville 75020 PARIS  
Métro : Belleville ou Pyrénées

tition et l'abandon du cadre épais autour de l'enceinte.

En 1974, l'AR 3a est devenu « Improved » avec une conception différente du filtre pour une meilleure réponse en fréquence, compensation des effets de diffraction et un inverseur à deux positions suivant local amorti ou réverbérant. N'oublions pas non plus l'AR L.S.T. reprenant le même haut-parleur de grave mais avec de part et d'autre, sur un coffret de forme prismatique à section trapézoïdale quatre médiums de 3,8 cm et quatre tweeters de 1,9 cm pour une large dispersion spatiale. On retrouve à l'heure actuelle cette enceinte modifiée par M. Mark Levinson au sein du système sans compromis Cello.

Actuellement, l'importateur AR en Suisse vient de réaliser sous la marque Rowen powered by A.R. une série de quatre enceintes de forme colonne reprenant les haut-parleurs à dôme médium et tweeter des AR 3a Improved avec boomer adaptant le même circuit magnétique dans une configuration particulière pour une dispersion spatiale correcte ainsi qu'une large couverture sur le plan de l'énergie sonore.

## Ecoute

J'ai voulu retrouver une paire d'AR 3 d'origine mais non d'AR 3a ou AR 3a Improved, ce qui ne m'a pas posé trop de problème grâce à l'amabilité de l'importateur M. De Rolland qui a su fournir les informations complémentaires et les documents d'époque mais aussi grâce à la patience d'un ami lecteur M. qui a dû attendre un petit peu pour retrouver ces chères AR 3 qui étaient en révision.

Nous les avons écouté avec l'ensemble Audio Research SP 15 + Classic 150. La première chose évidente qui frappe est l'étonnant équilibre tonal pour une enceinte de près de

30 ans avec une assise exceptionnelle dans le grave. Il faut, à notre avis, retirer le cache haut-parleur afin de profiter pleinement de l'extrême ouverture. On oublie vraiment les dimensions de l'enceinte. Le grave descend bien même s'il paraît parfois un peu masqué par le bas-médium. Il ne faut pas hésiter à jouer sur les réglages de niveau médium et aigu pour obtenir plus de franchise sur les attaques et une plus grande précision. Ce qui a « vieilli » concernerait le pouvoir d'analyse des micro-informations, les petits détails qui passent un peu inaperçus et le côté un peu trop feutré sur tous les types de musiques. Tout est en demi-teinte avec des timbres qui paraissent plus bas et plus étoffé que sur les enceintes modernes. Ainsi, les voix ont un caractère chaleureux très naturel où toute agressivité est exclue, avec une magnifique répartition spatiale. En fait, plus on pousse le niveau, plus la scène sonore s'agrandit sans aucun effet de projection, l'équilibre tonal reste linéaire avec un petit côté descendant dans l'aigu. Une nouvelle fois, on constate qu'une enceinte bien pensée il y a 30 ans, comme l'AR 3, peut encore donner beaucoup de satisfaction, musicale,

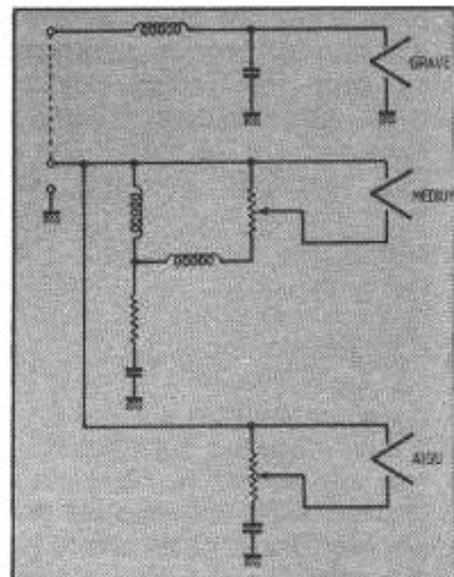


Schéma de principe du filtre

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**



# LA STRUCTURE DE L'AMPLIFICATEUR

**C**

*hé faró senza Euridice... »  
se lamente le malheureux Orfeo de Gluck,  
en mesurant les conséquences de son impatience.  
Ce n'est pas seulement en amour, qu'une légitime impatience  
peut être de mauvais conseil.  
En technique, et plus particulièrement  
dans une technique pointue comme la nôtre,  
une bonne idée peut être gachée par trop de précipitation.  
C'est pourquoi, malgré notre impatience de parvenir  
à un résultat dans notre étude d'un amplificateur,  
nous avons attendu de mieux maîtriser les parties  
avant de nous attaquer à la conception du tout,  
et ce n'est qu'après l'étage de puissance,  
après l'étage d'entrée, après une digression  
sur la distorsion thermique,  
que nous nous tournons vers l'amplificateur dans son ensemble.  
Ici encore, sur un sujet où tout semble avoir été déjà dit,  
une réflexion rigoureuse met en lumière  
des simplifications abusives et généralement admises  
qui conduisent à de graves défauts des circuits audio.  
Le sujet est si vaste que nous avons scindé  
notre exposé en deux parties.  
Aujourd'hui nous verrons les structures classiques  
et les problèmes statiques ; la prochaine fois  
nous verrons les problèmes dynamiques et la structure retenue.*

« Le feuilleton Héphaïstos finira-t-il un jour ? » J'ai pris l'habitude de ne plus réagir aux plaisanteries teintées de reproches qui me comparent à Ponson du Terrail ou à Eugène Sue, feuilletonistes inépuisables du 19<sup>e</sup> siècle ; pourtant, étant moi aussi un enfant de cette civilisation de la seconde moitié du 20<sup>e</sup> siècle, civilisation qui court éperduement vers Dieu sait quoi, je partage cette impatience, et je regrette que mes autres activités ne me laissent pas plus de temps à consacrer à ce hobby. C'est en Mai 1983, dans l'Audiophile n° 28, par un article mémorable intitulé « La distorsion dans l'amplificateur de puissance » qu'a commencé le compte-rendu d'une étude qui durait déjà depuis plus de 10 ans, mais que les nécessités de rigueur qu'implique un exposé, ont fait échapper à une précipitation désordonnée et stérile : à cette époque, j'avais déjà mis en chantier plus d'une dizaine d'amplificateurs, et les rares malheureux qui étaient parvenus à terme me laissaient un sentiment profond d'insatisfaction ; depuis, je ne me consacre plus qu'à un seul (et long) projet, mais quand la première version sera finie (l'an prochain), je n'aurai aucun regret ; avec la technologie disponible, j'aurai accouché du meilleur amplificateur que m'autorisent mes moyens.

Par de récents voyages au Japon, je commence à connaître ce pays et ses habitants. Je ne m'étonne plus de leurs réussites dans le domaine audio : leur manière de prendre de façon collective les problèmes industriels, et leur amour du travail bien fait, les ont fait mondialement triompher dans le domaine de la grande diffusion. Leur humble patience et leur conception orientale d'un temps qui a le temps et qui prend son temps, leur valent les réussites de quelques chercheurs isolés et tenaces qui sont souvent cités dans l'Audiophile. Il me semble illu-

soire de vouloir faire aussi bien, plus vite et sans prendre le temps nécessaire pour tout analyser et tout prendre en compte.

Time is money, à faire les choses trop vite, on obtient souvent des résultats au rabais ; un de mes oncles s'est fait construire une maison lors de son départ en retraite et voulant rapidement un arbre dans son jardin, il s'est fait conseiller par un pépiniériste une espèce d'érable. En 5 ans, il a obtenu un arbre magnifique dont il appréciait l'ombrage, mais quelques années plus tard, il a presque été tué par la chute d'une grosse branche cassée net par un petit coup de vent : les branches de cet arbre n'ont pas la solidité d'un chêne séculaire.

Nous verrons plus loin comment l'analyse classique de la contre-réaction (assimilée trop rapidement) est faite pour fourvoyer les concepteurs de circuits audio. Dans notre exposé d'aujourd'hui, nous rappellerons nos objectifs et nous ferons le point sur les études en cours. Puis, nous examinerons les problèmes soulevés par la structure de l'amplificateur de puissance et nous analyserons les structures utilisées de façon classique. Nous nous intéresserons ensuite à l'usage statique de la contre-réaction globale de manière rigoureuse et nous conclurons ce premier exposé sur la structure de l'amplificateur par la description sommaire de la solution retenue.

## **Les objectifs de notre étude**

Notre objectif est monstrueusement ambitieux : nous voulons tout simplement faire le meilleur amplificateur qui soit. Pour cela, au delà des objectifs triviaux qu'il est aisé de chiffrer :

- bande passante ; notre objectif est 0,2 Hz-100 kHz, la coupure haute étant passive à l'extérieur des circuits électroniques ; pas de limitation de slew-rate décelable sur un échelon carré correspondant à la pleine puissance à

l'entrée,

- puissance maximale ; nous cherchons à obtenir quelques dizaines de watt et la précision fantastique de cet objectif reflète l'importance que nous attribuons à cette performance, - gain ; environ 40 db,

nous recherchons la distorsion la plus faible possible. Nous ne nous limitons pas à la distorsion mesurée par les mesures classiques de distorsion, mais nous prendrons en compte la distorsion ressentie par les oreilles. Nous verrons un peu plus loin comment l'usage inconsidéré de la contre-réaction justifie ce point de vue.

Pour l'impédance de sortie, nous rechercherons certes (en attendant d'avoir pu définir une valeur optimum) une valeur faible comme il est d'usage, mais nous nous soucions plus de la linéarité de cette impédance que de sa valeur.

## **Nos études en cours**

Pour l'étage de sortie, nos analyses, notre étude théorique et nos expérimentations objectives nous ont montré que la classe A était la seule solution à retenir. Nous avons entrevu une amélioration du rendement de la classe A qui ne devrait pas dégrader ses qualités, mais sans amplificateur complet, nous n'avons pas pu vérifier la pertinence subjective de cette amélioration. Pour la première version de notre amplificateur, nous utiliserons donc un étage de sortie en classe A tout à fait classique avec ses avantages et ses inconvénients bien connus.

Pour l'étage d'entrée, nous avons abouti à des résultats plus originaux : nos études théoriques, nos expérimentations objectives et nos tests subjectifs nous ont permis de définir des circuits meilleurs (pour la mesure et pour l'oreille) que les circuits classiques. Nous avons maintenant fini la seconde série de tests subjectifs dont les résultats vous

seront bientôt présentés.

Nous nous considérons enfin prêts pour nous tourner vers l'amplificateur complet et pour concevoir sa structure. Comme les problèmes de circuits ont déjà été examinés, nous ne considérons ici que les fonctions remplies par les circuits intermédiaires (simple transistor ou circuit différentiel) sans nous préoccuper d'éventuels détails de réalisation tels que : résistance de contre-réaction d'émetteur, montage darlington, circuit cascode, etc.

## Le problème de la structure de l'amplificateur

L'amplificateur est constitué de plusieurs étages, définir sa structure c'est préciser le nombre d'étages, leurs natures, leurs articulations, la nature du signal entre les étages (tension ou courant), leurs gains (qui définissent la dynamique des signaux entre les étages), leurs bandes passantes (très importantes pour l'usage de la contre-réaction) et la ou les contre-réactions globales ou locales (si elles sont extérieures aux circuits). Comme on le voit, le problème de la structure de l'amplificateur est loin d'être simple avec de nombreuses données à définir qui interfèrent entre elles. C'est pourquoi une analyse critique des structures classiquement utilisées, qui insistera sur les avantages et sur les inconvénients inhérents à chaque structure nous aidera à y voir un peu plus clair.

## Etude des structures classiques

Pour éclairer les problèmes soulevés par le choix d'une structure pour notre amplificateur, nous vous proposons d'examiner ensemble huit structures qui peuvent être considérées comme classiques, car avec quelques variantes faciles à analyser, elles représentent la très grande majorité des structures qui ont été ou

qui sont encore utilisées pour les amplificateurs à transistor. Cet échantillonnage n'est pas exhaustif, mais il représente bien l'évolution de la structure de l'amplificateur depuis la disparition des transformateurs, car ceux-ci ont survécu un peu à la disparition des tubes dans les amplificateurs courants.

### - Première structure

La figure n° 1 nous montre une des toutes premières structures utilisées lors des débuts du transistor. Elle est très simple : un transistor monté en émetteur commun qui fournit le gain en tension du montage, un circuit de polarisation pour l'étage de sortie (que je n'ai pas détaillé ; cette fonction peut être obtenue avec des résistances, des thermistances, des diodes ou des transistors montés en multiplicateur de  $V_{BE}$ ), un amplificateur de courant composé de deux circuits complémentaires (je rappelle que nous représentons sur les schémas la fonction et non la réalité des circuits), une contre-réaction qui assure la polarisation en continue du premier étage, l'entrée se faisant à travers un condensateur. Ce type de circuit étant généralement utilisé avec une seule alimentation, la sortie vers le haut-parleur se fait via un con-

densateur électrochimique.

La résistance de charge  $R_C$  pose un problème : trop faible, elle conduit à une dissipation importante dans le transistor d'entrée ; trop élevée, elle limite la dynamique vers le haut de l'amplificateur par suite de la basse impédance de la charge de l'amplificateur. Pour tourner cette difficulté, un circuit appelé bootstrap (voir la variante A de la figure n° 1) a longtemps été utilisé, mais il limite les possibilités de l'amplificateur pour les fréquences graves. Une solution plus moderne et plus satisfaisante consiste à utiliser un générateur de courant (voir la variante B de la figure n° 1).

C'est cette version que nous utiliserons sur les autres schémas même s'ils ont péché par abus de bootstrap.

La simplicité est le seul avantage de cette structure ; parmi ses défauts, citons : une linéarité médiocre (le gain en tension est fourni par un seul transistor), une bande passante limitée (indépendamment des problèmes de bootstrap) par les capacités de liaison en bas de bande et par le montage émetteur commun en haut de bande, une stabilisation en continu approximative.

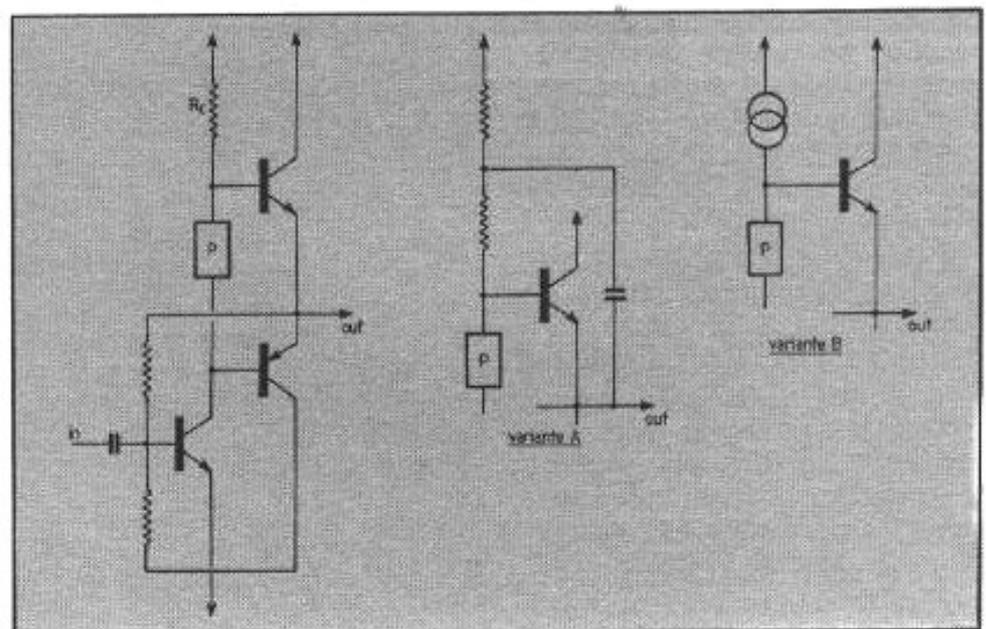


Fig. 1 : Première structure classique (P : circuit de polarisation).

### - Seconde structure

La seconde structure (voir la figure n° 2) qui a succédé à la première, en est très proche : un étage d'entrée a été ajouté. Il permet un gain supérieur en boucle ouverte ; pour résoudre simplement les problèmes de stabilité de boucle, le second étage est monté en intégrateur. La polarisation du premier étage et la contre-réaction sont toujours imbriquées.

Le bilan de cette structure est voisin de celui de la première ; la linéarité est un peu améliorée par le gain du premier étage mais les problèmes demeurent.

### - Troisième structure (fig. n° 3)

Pour passer de la seconde à la troisième structure, on utilise pour le premier étage un circuit différentiel. Le progrès est important : il est possible d'utiliser une contre-réaction aperiodique (c'est à dire avec une valeur constante indépendante de la fréquence) ; mais souvent pour améliorer la stabilité en continu, on utilise un taux de contre-réaction supérieur pour le signal continu. Initialement, en intercalant un condensateur de forte valeur dans le pied du réseau de contre-réaction mais depuis dans d'autres structures à l'aide de circuits intégrés associés au réseau de contre-réaction, on sait obtenir des taux de contre-réaction en continu incroyablement élevés. Nous verrons un peu plus loin que le souci de réduire la tension continue en sortie peut avoir des effets extrêmement pernecieux.

Parfois, la charge du premier étage est un circuit miroir de courant qui avec le second étage monté en intégrateur donne un très grand gain en continu.

Cette structure permet une meilleure linéarité que les deux précédentes, mais on voit apparaître les problèmes de slew-rate dénoncés par Matti Ojala.

### - Quatrième structure (fig. n° 4)

Dans la quatrième structure, on a voulu, en utilisant un diffé-

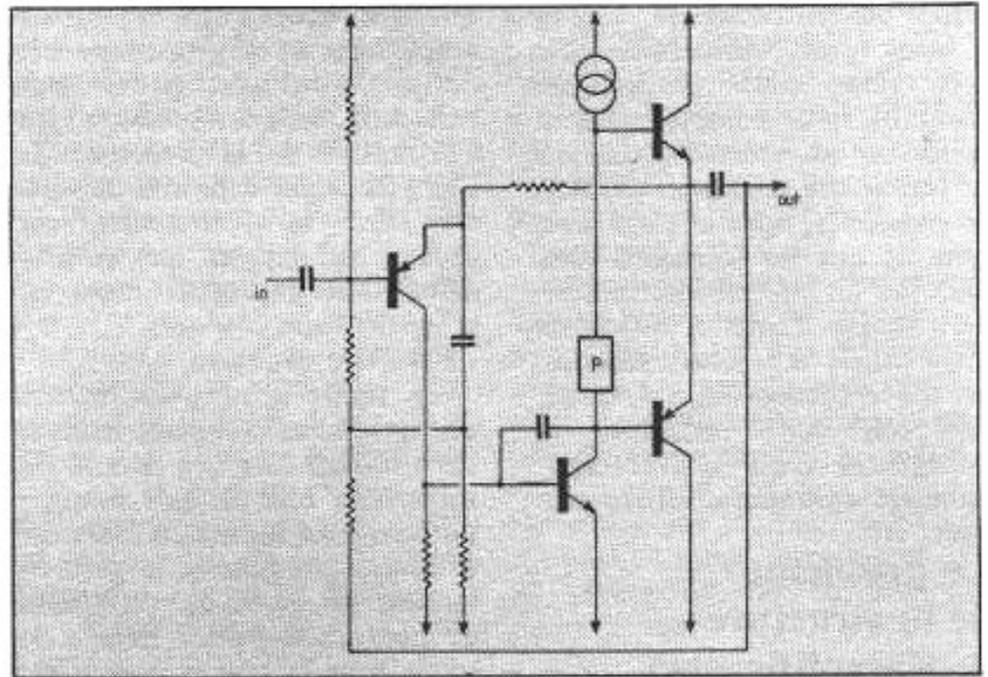


Fig. 2 : Seconde structure classique.

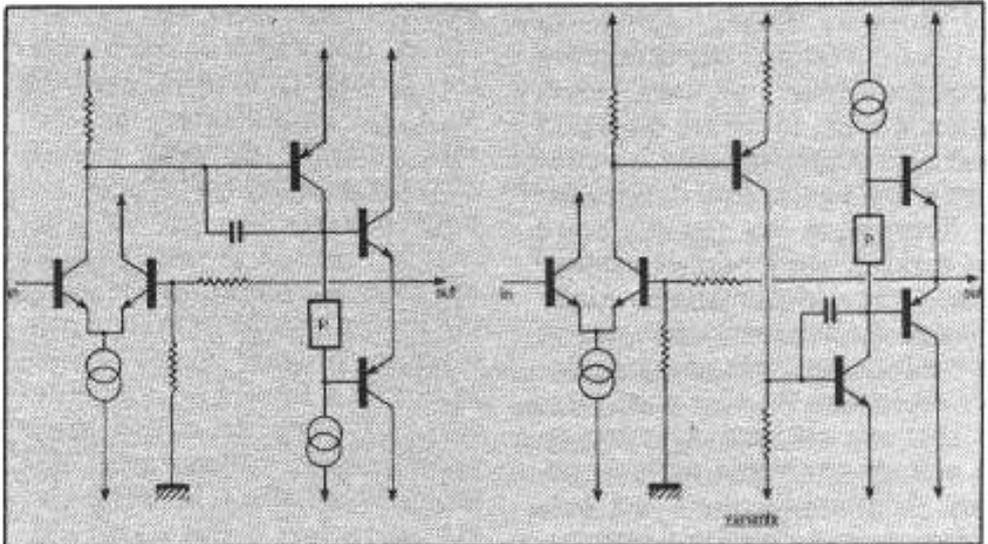


Fig. 3 : Troisième structure classique.

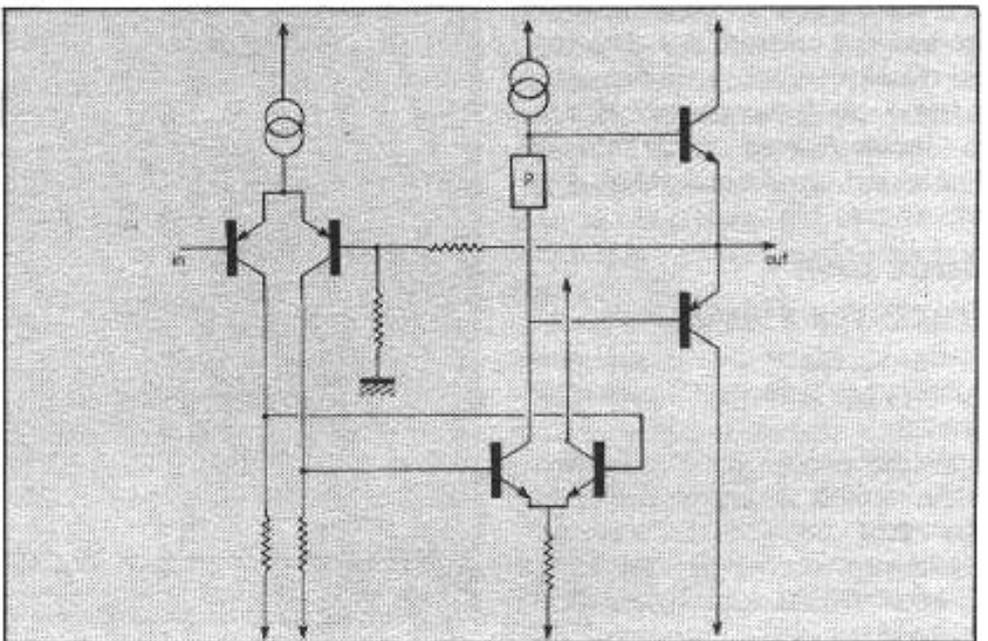


Fig. 4 : Quatrième structure classique.

rentiel PNP à l'entrée, pouvoir traiter le second étage en mode différentiel.

Par rapport à la troisième structure, la conception est simplifiée mais les performances voisines.

**- Cinquième structure (fig. n° 5)**

Dans cette structure, on voit apparaître un souci nouveau : traiter l'étage driver de l'étage de sortie en push-pull ; pour cela, on a ajouté un étage intermédiaire. Cela permet enfin de se défaire définitivement de l'abominable Bootstrap. Hormis ce détail qui a son importance, les possibilités de cette structure reste voisine de celles de la troisième.

**- Sixième structure (fig. n° 6)**

La sixième structure permet de résoudre de façon plus élégante, au moyen d'un miroir de courant, l'attaque symétrique de l'étage de sortie.

**- Septième structure (fig. n° 7)**

Cette structure qui dérive encore de la troisième, traite la complémentarité de façon très riche : avec deux différentiels de polarités complémentaires en entrée. Cette structure est très utilisée dans les amplificateurs japonais et ce n'est que justice car elle est très satisfaisante : même si elle semble luxueuse, elle reste simple dans le principe, elle permet un traitement complémentaire et différentiel du signal ; la contre-réaction peut être aperiodique.

**- Huitième structure (fig. n° 8)**

Cette dernière structure est aussi très satisfaisante et elle est très souvent utilisée (parfois sans l'étage intermédiaire) ; par exemple, dans un schéma proposé par Matti Ojala et qui se voulait exempt de distorsion d'intermodulation transitoire. Le signal est traité de façon différentiel tout le long de la chaîne d'amplification, et dans la version Ojala chaque étage était contre-réactionné localement et avait ainsi une bonne linéarité et un gain faible, la contre-réaction globale étant alors faible.

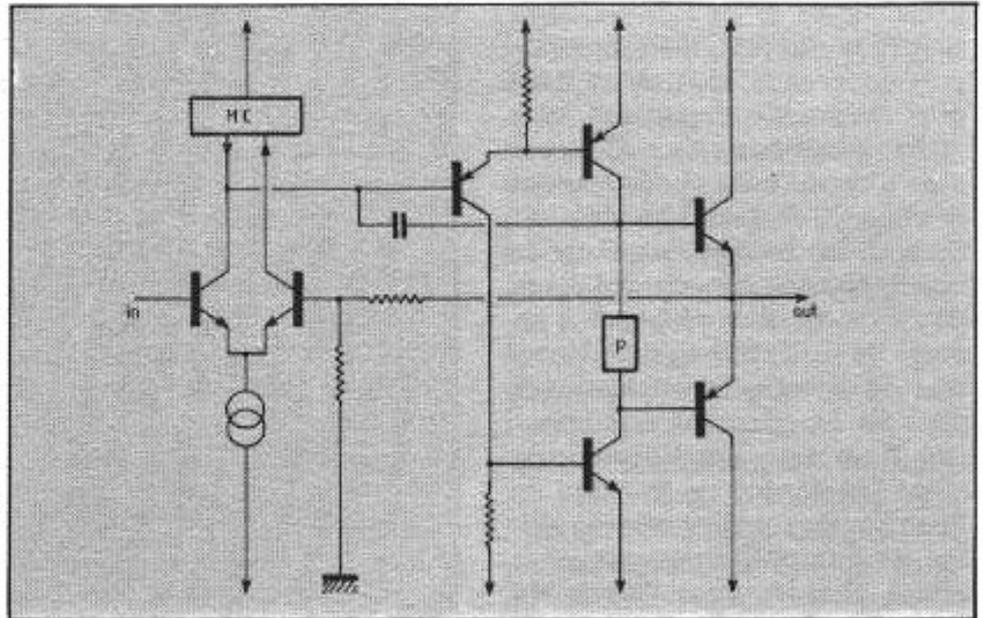


Fig. 5 : Cinquième structure classique (MC : miroir de courant).

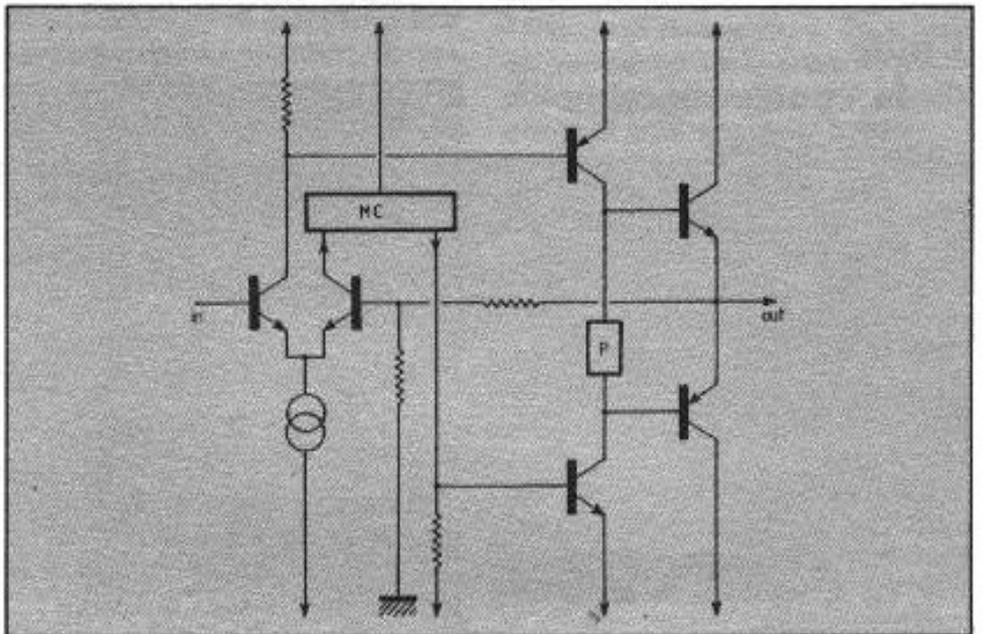


Fig. 6 : Sixième structure classique.

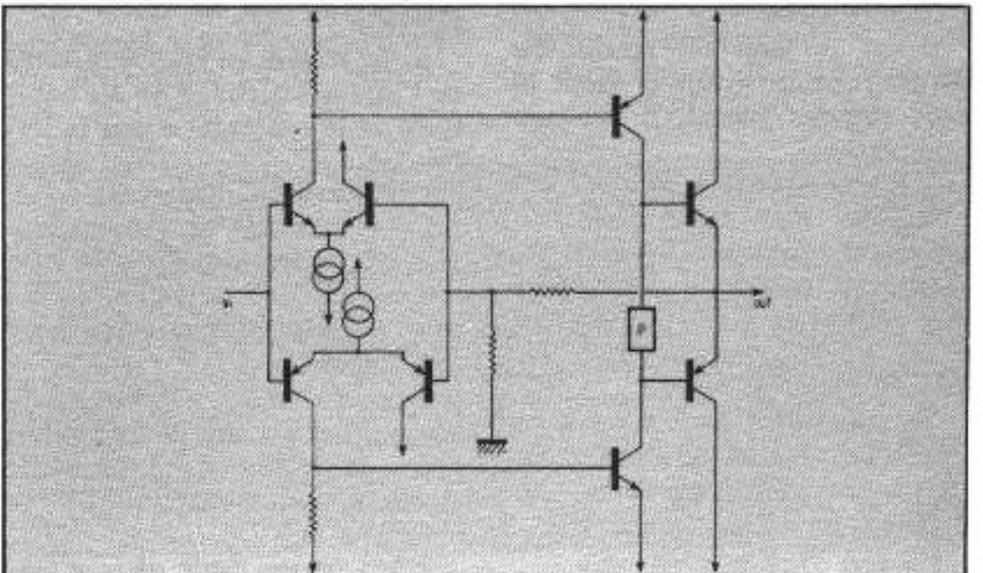


Fig. 7 : Septième structure classique.

Ce survol de l'évolution de la structure des amplificateurs de puissance nous montre les progrès accomplis depuis les premiers amplificateurs. Certains amplificateurs comme le schéma de classe A de Jean Hiraga (dont nous avons montré, dans un de nos exposés consacrés à l'étage de sortie, qu'il se réduisait à un étage de sortie avec gain) s'écartent de ces structures classiques mais ils représentent une minorité. Pour notre amplificateur, la structure retenue est fonction de l'analyse du fonctionnement global de l'amplificateur que nous allons aborder dans l'étude du fonctionnement de la contre-réaction.

## Etude de la contre-réaction

### - Analyse classique

Je prie les lecteurs qui sont familiers avec la contre-réaction, de m'excuser de leur exposer encore une analyse qui leur semble bien connue, mais cette analyse engendre des erreurs en audio et il n'est pas inutile de la rappeler pour dénoncer ces erreurs.

La figure n° 9 représente un amplificateur contre-réactionné avec les signaux conventionnels :

V est le signal à la sortie de l'amplificateur

v est le signal à l'entrée de l'amplificateur

$\beta$  est le gain du réseau de contre-réaction (celui-ci étant le plus souvent passif,  $\beta$  est une atténuation)

s est le signal à l'entrée du montage

Le comportement de l'amplificateur en boucle ouverte peut être défini par la relation entre v et V :

$$V = f(v)$$

La fonction f sous réserve de conditions mathématiques généralement remplies peut se décomposer en série de Taylor :

$$V = f(v) = a_0 + a_1.v + a_2.v^2 + a_3.v^3 + a_4.v^4 + a_5.v^5 + \dots$$

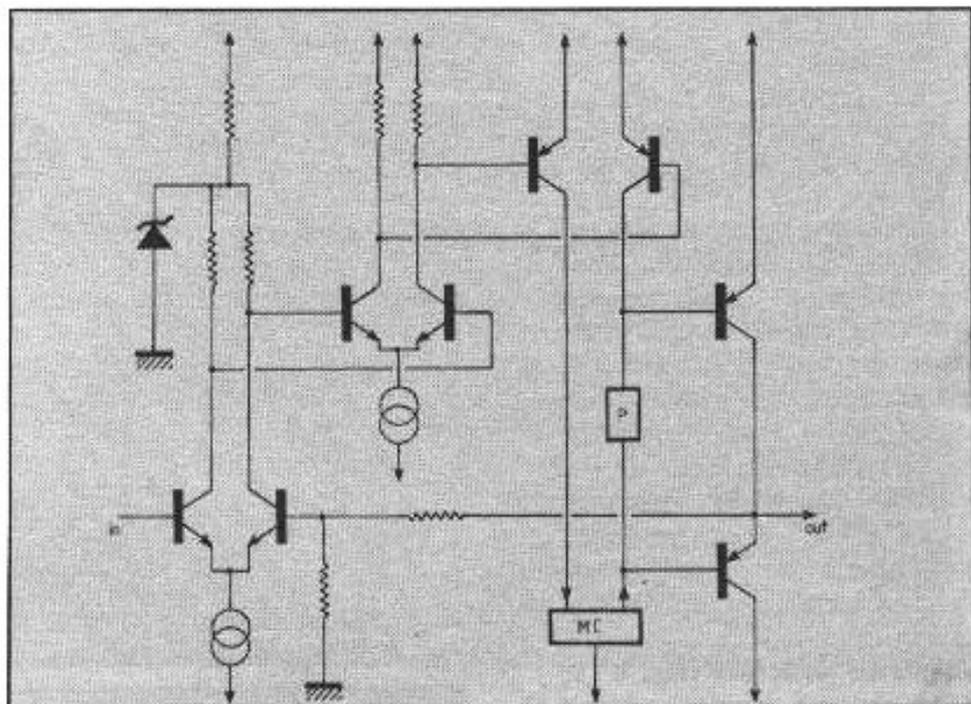


Fig. 8 : Huitième structure classique.

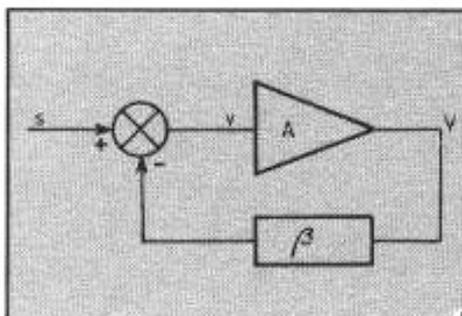


Fig. 9 : Schéma de principe de la contre-réaction.

$a_0 = V_0$  représente la tension de sortie de l'amplificateur en l'absence de signal à l'entrée et peut se mettre sous la forme :

$$V_0 = a_1.v_0$$

$V_0$  est appelé offset de l'amplificateur

$a_1$  est le gain en boucle ouverte de l'amplificateur et on a l'habitude de le représenter par la lettre A.

On peut donc décrire la fonction de transfert de l'amplificateur par la formule :

$V = f(v) = A(v + v_0) + d(v)$  dans laquelle  $d(v)$  représente les non-linéarités.

D'autre part, l'entrée de l'amplificateur est la différence entre le signal d'entrée et le signal de contre-réaction :

$$v = s - \beta.V$$

Nous avons donc deux équations entre s, v et V, nous pou-

vons donc par un calcul algébrique élémentaire non donné ici, obtenir V en fonction de s :

$$V = \frac{A(s + v_0)}{1 + \beta.A} + \frac{d(v)}{1 + \beta.A}$$

qui peut aussi s'écrire :

$$V = \frac{1}{\beta}(s + v_0) \frac{A.\beta}{1 + \beta.A} + \frac{d(v)}{1 + \beta.A}$$

Le produit  $\beta.A$  est supposé très grand pour que la contre-réaction fonctionne bien, on peut alors simplifier la relation entre V et s en faisant quelques approximations :

$$V \approx \frac{1}{\beta}(s + v_0) + \frac{d(v)}{\beta.A}$$

d'où on déduit que le montage a un gain ( $G = \frac{1}{\beta}$ ) indépendant de A qu'on ne maîtrise pas toujours, que l'offset est conservé et multiplié par le gain et que les non-linéarités sont divisées par le gain de boucle ( $\beta.A$ ), rapport entre le gain en boucle ouverte et le gain en boucle fermée.

La contre-réaction est une invention formidable et c'est un usage naïf dans le domaine audio qui a conduit à des abus dont nos oreilles se sont rendues compte et qui ont fait dire un peu vite à certains que la contre-réaction était

un procédé détestable en audio. Nous allons voir maintenant quels sont les limites et les pièges de la contre-réaction sur le plan statique, le comportement dynamique sera examiné dans le prochain exposé.

#### - Analyse moins classique

Les non-linéarités de l'amplificateur en boucle ouverte,  $d(v)$ , peuvent être exprimées en fonction de  $V$  :

$$d(v) = \Delta(V) = A \cdot d(V)$$

La sortie de l'amplificateur s'exprime alors sous la forme :

$$V \approx \frac{1}{\beta} (s + v_0 + d(V)) = g(s)$$

On peut dire que, de même que l'amplificateur est affligé d'un offset d'entrée qui est multiplié par le gain et contre lequel on ne peut rien faire, l'amplificateur souffre d'une distorsion d'entrée contre laquelle on ne peut rien faire, qui est amplifiée comme le signal et qui est fonction du signal de sortie.

En conclusion, il faut constater que pour un circuit seul, la contre-réaction est un excellent moyen de stabiliser le gain mais que la distorsion intrinsèque n'est pas réduite avec la contre-réaction, mais croît avec le gain demandé au montage. Nous verrons un peu plus loin que contrairement à ce que suggère cette affirmation iconoclaste, la contre-réaction permet des gains de linéarité mais c'est dans le cas de contre-réaction globale commune à plusieurs circuits.

#### - Offset et distorsion

Ces deux problèmes sont en général dissociés par les utilisateurs de contre-réaction : il y a d'un côté ceux qui sont très sensibles aux conséquences de l'offset car ils utilisent la contre-réaction dans des asservissements ; ils ont vite constaté que l'offset causait des erreurs contre lesquelles la contre-réaction est impuissante et l'impuissance de la contre-réaction contre l'offset est actuellement très connue.

Il y a d'autre part ceux qui utilisent la contre-réaction pour

accroître la linéarité sans se préoccuper d'offset et qui se bercent de l'illusion qu'ils font des asservissements sur des signaux alternatifs. Ces derniers agissent dans le domaine audio, ou ont des exigences de linéarité limitées, et ont la naïveté de croire que la contre-réaction réduit la non-linéarité d'un circuit ; je crains que cette aberration ait encore de beaux jours à vivre.

En fait, l'offset et la linéarité sont liés, car l'offset dépend de la polarisation des transistors utilisés et le point de polarisation détermine la nature et l'amplitude des non-linéarités, et la contre-réaction en déplaçant pour des problèmes d'offset les points de polarisation va influencer sur la distorsion ; en effet, la distorsion ( $d(v)$ ) divisée par le gain de boucle (sic) est fonction de  $v$ .

Cette relation entre l'offset et la linéarité est ignoré en audio. Nous avons vu qu'au début des amplificateurs à transistor on recherchait des contre-réactions importantes en continu (voir fig. n° 10A), on cherchait ainsi à stabiliser la polarisation des circuits mal maîtrisée par suite des dérives thermiques des transistors et le seul gain en linéarité visé était une saturation équilibrée de l'amplificateur.

Plus récemment, les fabricants japonais ont recherché, par l'usage de circuits intégrés qui permettaient d'obtenir des taux de contre-réaction en continu monstrueux (voir fig. n° 10B), à avoir des amplificateurs « sans offset ». S'ils ont mis le doigt sur un problème réel, nous verrons plus loin pourquoi le remède proposé peut aggraver le mal.

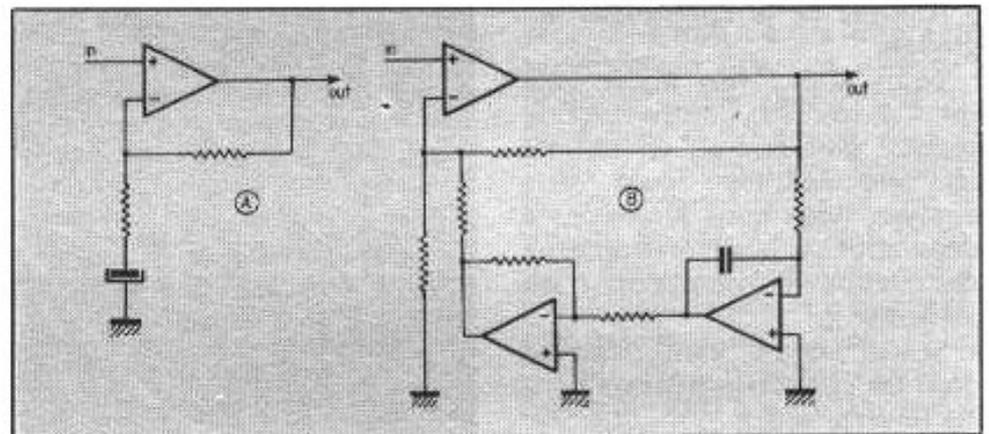


Fig. 10 : Contre-réaction en continu : A contre-réaction totale, B contre-réaction accrue.

En effet, la contre-réaction peut accroître ou réduire la linéarité intrinsèque d'un circuit : dans l'exemple de la figure n° 11, nous voyons que dans ce

cas pour un transistor à effet de champ, le déplacement du point de polarisation dû à l'action de la contre-réaction peut être néfaste.

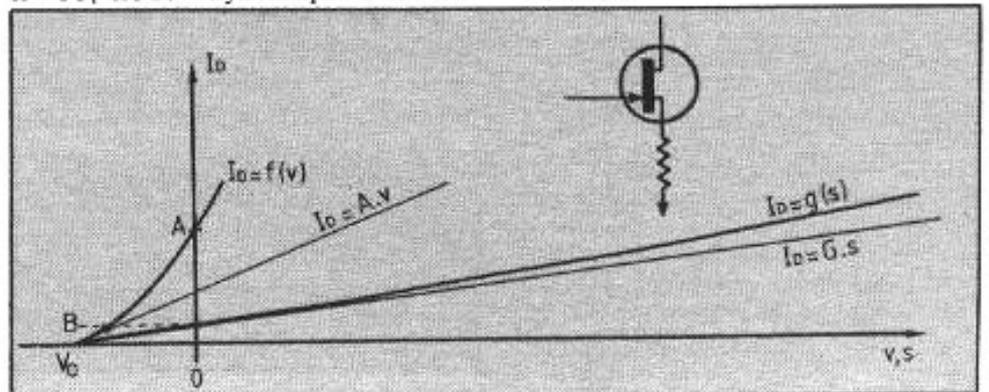


Fig. 11 : Effet pervers de la contre-réaction : le point de repos du transistor est passé de A où la caractéristique est relativement linéaire à B où elle l'est moins.

Dans le cas d'un différentiel bipolaire (voir la figure n° 12), cela se passe mieux. Pour des transistors diffusés simultanément, la différence de caractéristiques (liée à la différence entre les surfaces de jonction base-émetteur) se traduit uniquement par un déplacement de la fonction de transfert du différentiel, c'est à dire par un offset ; l'action de la contre-réaction va donc ramener le point de polarisation vers le point d'inversion où le circuit est le plus linéaire, à condition bien sûr qu'un artifice extérieur n'ait pas cherché à réduire de façon artificielle l'offset avant l'application de la contre-réaction.

Les oscillogrammes de la figure n° 13 nous montrent la relation entre offset et distorsion d'un différentiel bipolaire et illustrent bien notre propos.

#### - Analyse de la contre-réaction globale

Nous allons voir maintenant que l'usage de la contre-réaction globale permet, lui, de réduire les non-linéarités ; pour cette analyse, nous nous limiterons à deux circuits, la généralisation à des circuits plus nombreux étant évidente.

Soient deux amplificateurs dont les caractéristiques en boucle ouverte sont :

- gains :  $A_1$  et  $A_2$
- offsets  $v_{01}$  et  $v_{02}$
- distorsions  $d_1$  et  $d_2$ .

Si on les reboucle individuellement avec des gains  $G_1$  et  $G_2$  (voir la figure n° 14), on obtiendra les fonctions de transfert :

$$V_1 = G_1 (s_1 + v_{01} + d_1)$$

$$V_2 = G_2 (s_2 + v_{02} + d_2)$$

Soit, puisque  $V_1 = s_2$ , la fonction de transfert est :

$$V = V_2 = G_1 \cdot G_2 (s + v_{01} + \frac{v_{02}}{G_1} + d_1 + \frac{d_2}{G_1})$$

Il est aussi possible de les reboucler globalement (voir la figure n° 15). L'amplificateur composite aura en boucle ouverte la fonction de transfert :  $V_2 = A_2(A_1(v_1 + v_{01} + d_1) + v_{02} + d_2)$

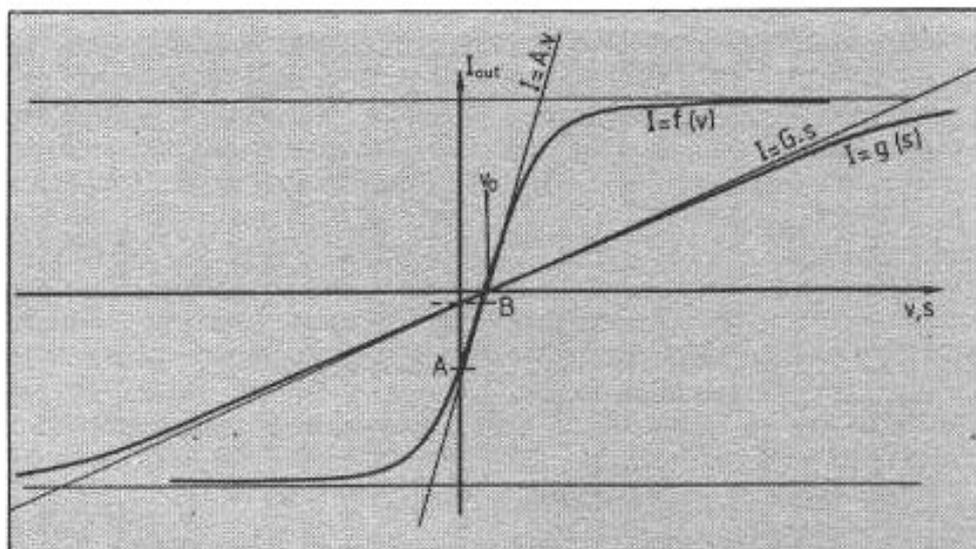


Fig. 12 : Effet bénéfique de la contre-réaction : le point de repos du différentiel passe par A et B qui est plus près du point d'inversion où la distorsion est minimale.

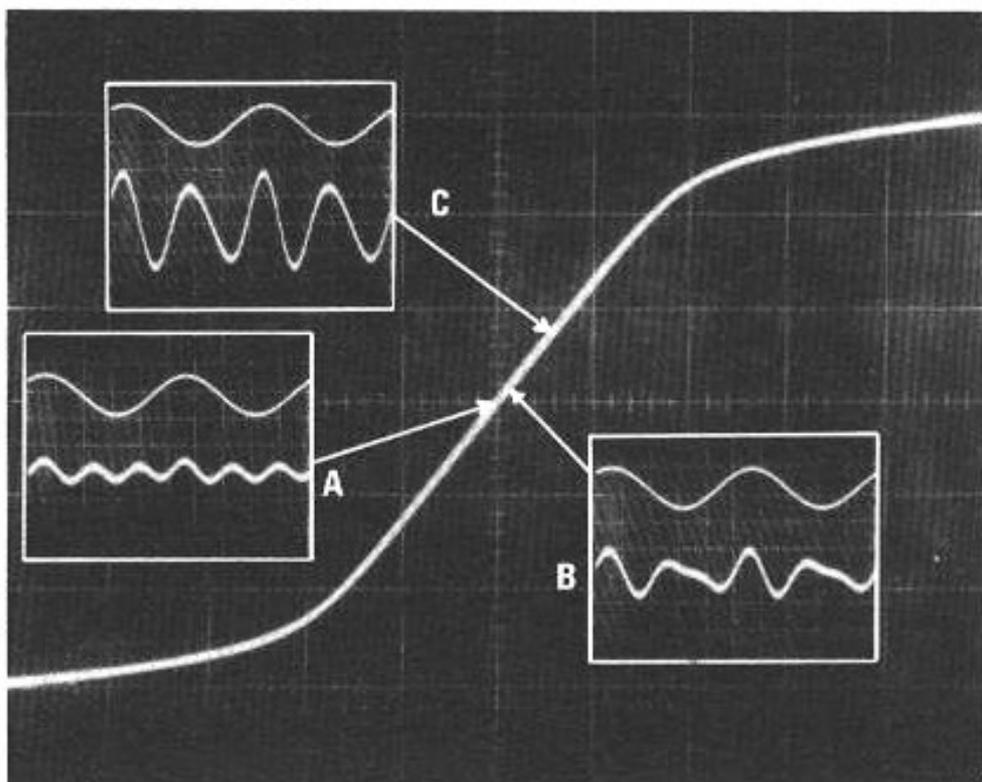


Fig. 13 : L'influence de l'offset sur la distorsion : elle est impressionnante. En A au point d'inversion, la distorsion est de 0,09 % et composée d'harmonique 3. Un peu plus loin en B, elle est de 0,18 % et composée d'harmoniques 2 et 3. En C, elle atteint 0,44 % et est composée d'harmonique 2. On comprend que la polarisation est capitale pour les performances de distorsion et que, si elle varie sous l'influence de la température, de la distorsion thermique, de l'alimentation ou de la contre-réaction, l'impression subjective soit abominable.

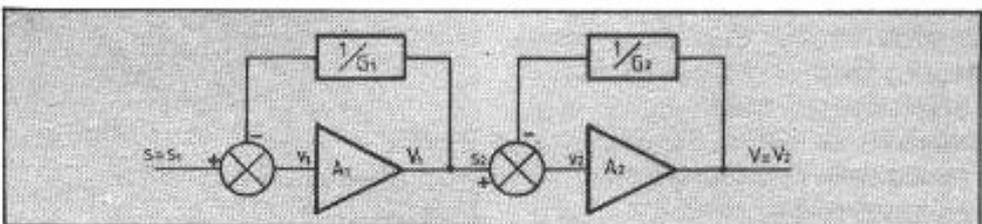


Fig. 14 : Rebouclages individuels (deux contre-réactions locales).

soit :

$$V = V_2 = A_1 \cdot A_2 (v_1 + v_{01} + \frac{v_{02}}{A_1} + d_1 + \frac{d_2}{A_1})$$

Avec un rebouclage de gain égal à  $G_1 \cdot G_2$ , nous obtenons :

$$V = V_2 = G_1 \cdot G_2 (s + v_{01} + \frac{v_{02}}{A_1} + d_1 + \frac{d_2}{A_1})$$

En comparant ce résultat avec la fonction de transfert obtenue avec des rebouclages séparés et en faisant abstraction de l'interaction entre l'offset et la distortion, nous pouvons dire que l'offset dû au premier étage est le même dans les deux cas, mais que dans le cas du rebouclage global, la contribution à l'offset du second étage est divisé par  $\frac{A_1}{G_1}$  (c'est-à-dire, par le gain de boucle du premier circuit dans le cas des rebouclages séparés). Pour la distortion, il en va de même : la distortion du second circuit bénéficie aussi du gain de boucle du premier circuit dans le cas du rebouclage global et en plus la dynamique de sortie du premier étage est divisé (je vous épargne l'évident calcul) par  $\frac{A_2}{G_2}$ . Comme l'effet des non-linéarités croît avec le niveau, pour un circuit bien conçu, cet effet réduira la distortion due au premier étage.

Le bilan du rebouclage global est très positif et il est permis de s'étonner des condamnations sans appel que certains ont prononcé contre la contre-réaction globale : en fait, les déboires parfois rencontrés proviennent de deux points délicats : tout d'abord les problèmes dynamiques de stabilité de boucle (que nous verrons la prochaine fois) qui ont conduit certains à des solutions qui ne permettent pas de bénéficier des avantages de la contre-réaction globale, tout en introduisant des défauts. Ensuite, les interactions entre offset et distortion qui, si on n'y

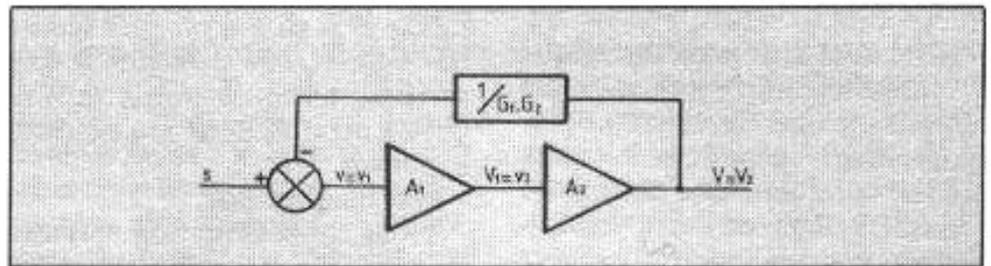


Fig. 15 : Rebouclage collectif (une contre-réaction globale).

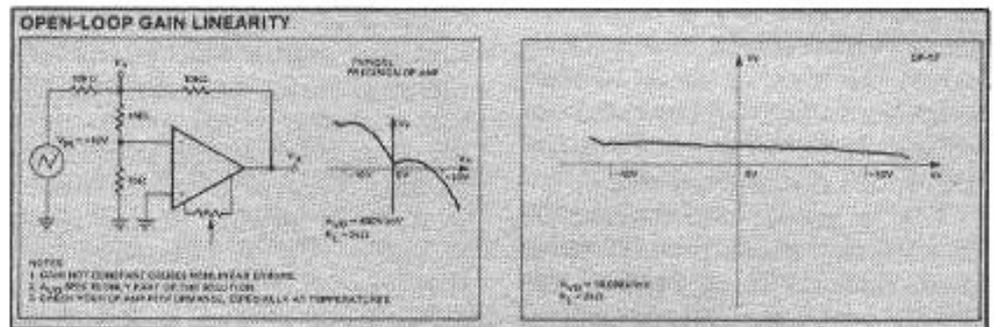


Fig. 16 : A gauche, la méthode préconisée pour la mesure de la linéarité en boucle ouverte avec un exemple d'ampli courant à la linéarité discutable. A droite, le circuit intégré dont la linéarité intrinsèque a été spécialement étudiée. (Doc. PMI).

prend garde, peuvent avoir des effets très pervers, comme nous allons le voir maintenant.

#### - Utilisation de la contre-réaction

L'époque du « on peut faire n'importe quoi, la contre-réaction arrange tout » s'achève ; même dans les circuits intégrés, malgré leurs gains énormes en boucle ouverte, on commence à se soucier de la linéarité en boucle ouverte ; dans l'exemple de la figure n° 16, extrait d'un catalogue de circuits intégrés américain, on vante la linéarité en boucle ouverte d'un produit en expliquant une méthode de mesure pour ce paramètre.

Mais la relation entre l'offset et la distortion n'a pas encore été sérieusement prise en compte : ce qui est important (car très critique pour la distortion) c'est le point de polarisation du différentiel d'entrée, ce n'est pas la tension de repos en sortie ; ces deux points ne coïncident que si tous les autres étages n'introduisent pas leur propre offset. Et les circuits très sophistiqués (voir la figure n° 10B) qui s'acharnent à annuler la composante continue en sortie dont le haut-parleur se moque tant qu'elle reste dans des valeurs raisonnables (voir la figure n° 17), sont au mieux inu-

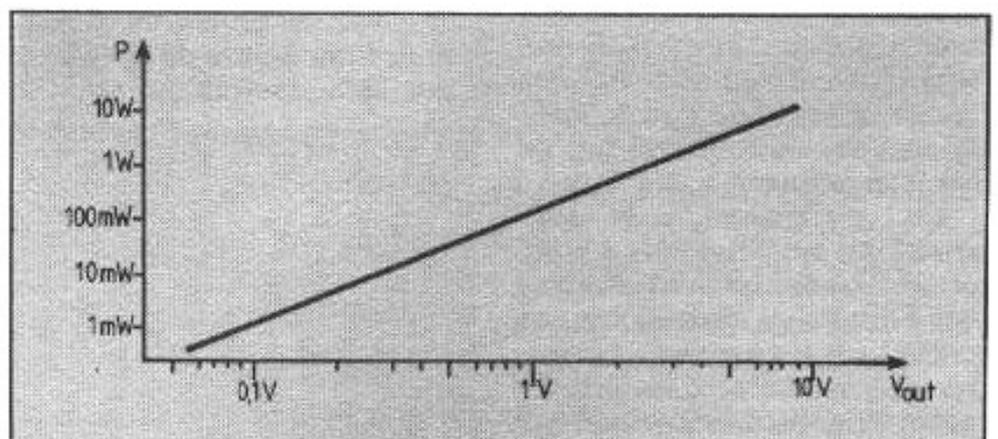


Fig. 17 : Puissance relative à la tension continue de sortie pour un haut-parleur de 5 ohms.

tiles, voire nuisibles.

### - Effet de la distorsion thermique

Jusqu'ici, nous avons raisonné en faisant une erreur trop communément répandue : nous avons considéré que toutes les caractéristiques de notre amplificateur étaient stables, or elles évoluent soit spontanément (échauffement à la mise en route, vieillissement des composants) soit avec le signal (distorsion thermique, déplacement des points de polarisation lié à des variations d'alimentation).

L'effet de la modification de la polarisation du premier étage peut être faible si l'offset des autres étages est nul, la contre-réaction compense alors naturellement un déséquilibre entre les deux transistors du différentiel d'entrée en ramenant, pour compenser les dérives d'offset dues à ce déséquilibre, le point de polarisation au minimum de distorsion. Si l'offset des autres étages n'est pas nul, la distorsion va évoluer avec l'offset.

De même, une dérive rapide de l'offset des autres étages va faire évoluer l'amplitude et la nature des distorsions. Ce phénomène est très vicieux, car l'oreille sait apprendre et peut rapidement ne plus faire attention à une distorsion constante, alors qu'une distorsion fluctuante la perturbera beaucoup. Evidemment, de tels phénomènes échappent totalement aux mesures qui sont faites sur des signaux en régime établi, et bien sûr les amplificateurs à tube qui n'ont pas de distorsion thermique et qui utilisent une contre-réaction globale excluant le continu, ne souffrent pas de ces phénomènes.

Ceci expliquerait, et la supériorité des amplificateurs à tube, et certaines non-corrélations entre distorsion ressentie par nos oreilles sur les signaux transitoires que représentent les signaux audio et distorsion mesurée par nos appareils sur des signaux abominablement stables. C'est une hypothèse passionnante et

même si je suis le premier séduit par celle-ci, elle demande à être vérifiée, quelque évidente qu'elle puisse paraître dans son pouvoir explicatif

### - Politique retenue

Nous utiliserons les circuits élémentaires les plus linéaires possible : en traquant les causes de distorsion thermique, en utilisant des contre-réaction locales (mais globales pour les transistors utilisés). Nous avons déjà ces objectifs dans notre étude des circuits d'entrée et les tests subjectifs ont depuis démontré la pertinence de ces objectifs.

Contrairement à la mode actuelle qui nous est imposée par l'impuissance de certains à maîtriser les problèmes de la contre-réaction, et qui recommande l'usage de plusieurs étages linéaires à force d'en réduire le gain, rebouclés par une contre-réaction globale malingre et anémiée, voire même inexistante, nous utiliserons une contre-réaction globale énergique et dont les limites nous seront imposées par les problèmes dynamiques que nous verrons la prochaine fois.

Nous surveillerons les offsets et la distorsion thermique à tous les étages. Nous utiliserons deux réglages d'offset : un pour le premier étage, le second pour le reste de l'amplificateur.

Comme la dynamique du signal va croissant tout au long de l'amplificateur et que le dernier étage est soumis aux caprices de l'impédance de la charge, nous rechercherons un taux de

contre-réaction plus élevé pour les derniers étages, ce qui entraînera un meilleur contrôle de leurs offsets pour un bon fonctionnement de la contre-réaction globale.

### Structure adoptée

Guidé par les orientations définies ci-dessus, nous avons actuellement retenu la structure correspondant au schéma de la figure n° 18. Elle comporte quatre étages si on compte l'étage de sortie :

- L'étage d'entrée avec un gain de 40 dB, avec un réglage d'offset (réglé pour une distorsion minimale, un faible niveau continu en sortie de l'amplificateur ne sera pas recherché, mais sera la conséquence logique d'un bon design et d'un bon réglage pour la distorsion).

Etant suivi d'un gain de 40 dB et rebouclé dans un amplificateur de gain 40 dB, sa distorsion est réduite de 40 dB par rapport à un fonctionnement en boucle ouverte et sa dynamique de sortie est 40 dB en dessous du niveau de sortie : de l'ordre de  $\pm 0,5$  V au maximum.

- Le second étage est un étage de transition chargé de déplacer la dynamique du signal, comme nous le verrons la prochaine fois. Son gain est de 20 dB ; étant précédé d'un étage de 40 dB de gain, suivi d'un circuit rebouclé dans un gain de 20 dB et inclus dans un amplificateur de 40 dB de gain, sa distorsion est réduite de 40 dB par rapport à un fonctionnement en boucle ouverte.

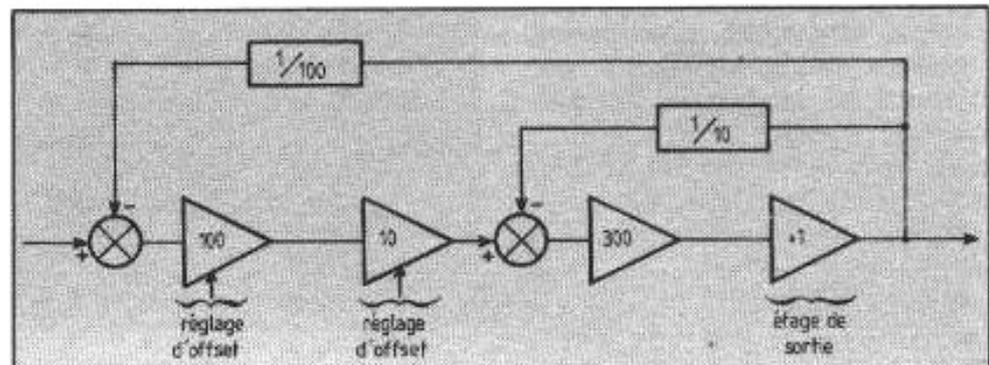


Fig. 18 : Principe de la structure retenue pour notre amplificateur.

- Le troisième étage utilise une contre-réaction locale incluant le dernier étage. En boucle ouverte, il présente un gain de 50 dB. Sa distorsion est réduite de 30 dB au titre de la contre-réaction locale, puis de 40 dB dans la contre-réaction globale, ce qui nous fait 70 dB de taux de réaction. Si des limitations d'ordre dynamique ne nous empêchent pas d'atteindre cet objectif, nous devrions être satisfaits de la linéarité de cet étage.

- L'étage de sortie, un étage suiveur en classe A (pour être linéaire), n'a pas de gain ; il doit fournir les courants importants qui meuvent le haut-parleur. Son impédance de sortie comme ses non-linéarités sont réduites de 70 dB, comme celles du troisième étage.

Comme annoncé plus haut, cet amplificateur est conçu pour fonctionner en générateur de tension avec une résistance interne faible ; si la suite de cette étude montrait qu'un fonctionnement plus proche d'un générateur de courant est meilleur, une autre structure s'imposerait, mais nous en reparlerons sûrement.

### Conclusion provisoire

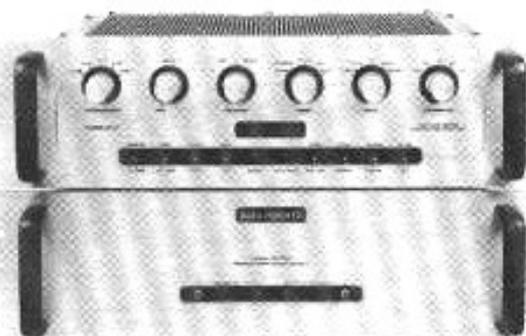
Nous voici parvenus à mi-chemin de notre exposé sur la structure de l'amplificateur de puissance, la prochaine fois nous verrons les problèmes dynamiques liés à la contre-réaction et nous détaillerons la structure retenue.

J'espère que vous aurez été intéressé par un sujet qui aurait

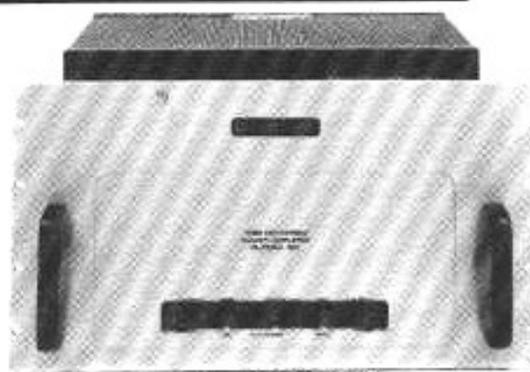
pu sembler banal, mais qui se révèle encore très riche. Si mes hypothèses sur les effets pervers de la combinaison d'une contre-réaction inconséquente et de la distorsion thermique devaient s'avérer, nous aurions fait un grand progrès qui dépasse le cadre de l'amplificateur de puissance. Une théorie qui explique comment d'excellentes mesures au distorsiomètre peuvent accompagner des performances subjectives médiocres, l'évidente nécessité de mesurer les distorsions sur des signaux transitoires, des tests subjectifs qui semblent justifier nos opinions, la moisson de notre longue patience semble être prometteuse et confirmerait que quand la passion nous donne soif d'absolu, il devient urgent d'être patient.

audio  
class'A

HAUTE FIDELITE AUDIOPHILE



SP 15



CLASSIC 150

*Ce n'est pas un hasard si, depuis notre création, nous avons sélectionné les MUSTS en matériel Haute-Fidélité haut de gamme...*

*Entre autres, en écoute permanente à notre Auditorium : AUDIO RESEARCH, MARK LEVINSON, ELECTROCOMPANIET, ACCUPHASE, etc.*

*Tous les systèmes ou accessoires que nous proposons sont empreints d'une même philosophie : l'ECOUTE et la PERENNITE du produit, sans concessions aux modes passagères !*

**AUDIO CLASS'A** 85 Bld Beaumarchais 75003 Paris • Tél. 40.27.05.39

Du mardi au samedi de 11 h à 20 h, et sur rendez-vous.

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**



*La « Muse d'Or »,  
 label absolu de L'Audiophile,  
 a été attribuée par le collectif de sept journalistes du groupe  
 des Editions Fréquences au préampli Audio Research SP 15. Pourquoi ce choix ? Parce que  
 ce préampli, après écoute, avec les amplificateurs Classic 150 de la même marque et sur  
 d'autres unités de puissance, a littéralement transporté d'enthousiasme chaque membre du  
 jury par son naturel incroyable, sa capacité dynamique qui dépasse l'entendement, son  
 raffinement des timbres, répondant ainsi parfaitement au seul critère de valeur : l'approche  
 la meilleure possible de la réalité sonore et cela sur toutes les entrées. Le SP 15 est  
 certainement l'aboutissement d'une longue quête d'absolu sonore de la part de M. W.Z.  
 Johnson et de son équipe de chercheurs qui ont su parfaitement maîtriser les circuits  
 hyper-sophistiqués en combinant quand il le fallait le meilleur  
 de la technologie tubes avec le meilleur  
 de la technologie transistors.*

décembre 1988



# LES MUSES D'OR A AUDIO RESEARCH

## pour le préamplificateur SP 15

*Patrick Vercher*

Nous avons pu assister à cette évolution logique depuis le premier SP 1 (présenté au cours de « Permanence du Tube Expo 87 » en janvier jusqu'au SP 15 en passant par les légendaires SP 3 et SP 11. En effet, dans les années 70, alors que les plus grandes marques se convertissent au tout transistor, Audio Research présente un ensemble préampli-ampli à tubes SP 1-Dual 100 dont la musicalité est si évidente par rapport aux réalisations à transistors de l'époque que les critiques du monde entier, sont assez sérieusement ébranlés dans leurs convictions : point de salut hors du transistor. Par la suite, les SP 3 et Dual 75

ont apporté ce surcroît « d'âme », cette sensibilité musicale qui font basculer la transcription banale vers une approche d'une certaine réalité qui déclenche une véritable émotion chez l'auditeur. Par la suite, les SP 10 et SP 11 ont apporté à chaque fois un surcroît d'informations supplémentaires qui permettent une compréhension encore meilleure de toutes les mesures et subtilités de jeu d'interprétation des artistes.

Avec le SP 15, chaque source aussi bien phono bobine mobile qu'aimant mobile, lecteur C.D., tuner ou vidéo, est traitée avec la même volonté de tirer le maximum des possibilités de celles-ci,

sans effet de masque ou introduction de distorsions indésirables. En cela le SP 15 est d'une souplesse d'utilisation peu commune en regard d'autres préamplis plutôt limitatifs ou disparates dans la qualité du traitement des sources. Comme le SP 11, le SP 15 est un préampli hybride tubes-transistors en deux coffrets indépendants mais de taille identique (standard rack 19" 48×13,4×26 cm), l'un renfermant l'alimentation, l'autre les circuits de traitement des signaux audios. On retrouve donc les coffrets très rigides en acier avec façade biseautée de 8 mm d'épaisseur (aspect satiné) et poignées latérales de transport, bien

agréables pour soulever les quelque 7 kg de chaque unité. Entre le coffret alimentation et le préampli, un gros cordon avec prises à 16 broches à détrompeur et verrouilleur transportent les diverses tensions.

Le coffret alimentation renferme à la verticale sur le côté gauche, un transformateur toroïdal de 11 cm de diamètre. Les quatre enroulements secondaires délivrent respectivement 312 V / 16,6 V / 19 V / 17,3 V de tension alternative à quatre ponts de diodes qui redressent ces tensions. Lesquelles sont ensuite filtrées par des bancs de capacité pour attaquer ensuite des circuits de régulation entièrement à transistors sans omettre le circuit de temporisation et le relais de commutation pour les prises secteur commutées qui peuvent aussi commandées des amplis extérieurs.

On retrouve le principe d'alimentation totalement indépendante pour chaque étage de gain avec, naturellement chauffage en continu des filaments des trois tubes utilisés exclusivement pour la section phono.

En effet, par rapport au SP 11 qui comportait six tubes, le SP 15 n'en adopte plus que trois (6 DJ8/ECC 88) exclusivement réservés à l'étage phono avec le correcteur R.I.A.A. (voir chapitre Circuits). Sur le SP 15, les étages ligne sont totalement nouveaux dans leur configuration avec adoption de transistors FET à la place des tubes sur le SP 11. Nous avons interrogé les ingénieurs d'Audio Research au sujet du choix de FET à la place des tubes mais dans une configuration de circuit assez proche, pour obtenir le gain suffisant à partir de lecteur de C.D., tuner, etc. Leur réponse a été : « Nous pensons qu'avec la dernière génération de FET, les limites des surcharges sont reculées, le bruit inhérent est beaucoup plus faible et la diaphonie entre les entrées nettement diminuée par rapport aux tubes. » Les mesures que

avons réalisées sur le SP 15 semblent confirmer ces dires (taux de distorsion en régime statique à la limite du mesurable, 0,001 %, rapport signal-bruit 110 dB pour 1 V à l'entrée avec un seuil de saturation reculé à 80 V ! )

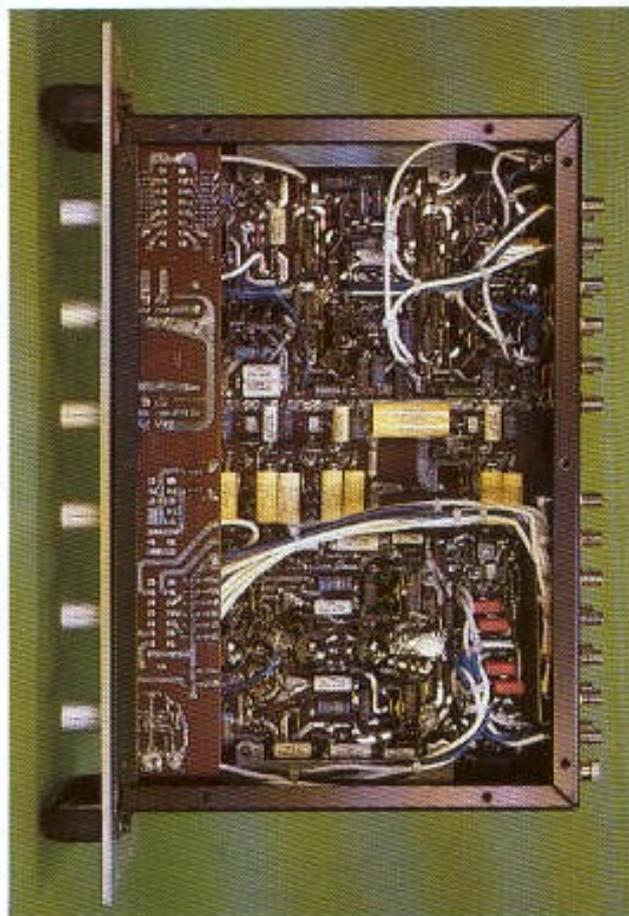
Pour revenir à l'étage phono à tubes, on constate son universalité d'utilisation non seulement par sa gamme de sensibilité (gain de 46 à 75 dB) qui lui permet de couvrir aussi bien les cellules

MM que MC mais aussi par ses possibilités d'adaptation de charge, par le sélecteur d'impédance en façade 47 k $\Omega$  (MM) et 100/30/10/3  $\Omega$  (MC).

A ce sujet, on retrouve aussi l'atténuateur de niveau de 0 à -24 dB jouant sur le niveau de sortie par bonds de 6 dB qui, en fonction des sources mais aussi en conjonction avec le réglage de gain, permet d'obtenir le meilleur compromis entre le minimum de bruit de fond et le maximum de qualité sonore.

En dehors de cette possibilité, le SP 15 offre de nombreuses ressources d'exploitation tels que sélecteur de mode de fonctionnement (de plus en plus rare) mono, stéréo, stéréo inversé, droite, gauche, balance, commutation de deux magnétophones avec monitoring et copie d'une platine à l'autre dans les deux sens, muting, filtre d'extrême-grave (6 à 12 dB par octave en dessus de 50 Hz). Un commutateur « bypass » connecte directement l'atténuateur de niveau de sortie à l'étage en train de traiter le signal sans passer par les commandes de balance, mode de fonctionnement, moniteur, etc. Dans la pratique, on gagne encore en pouvoir d'analyse en positionnant le commutateur sur

bypass. Enfin l'inverseur de phase absolue est loin d'être un gadget pour audiophile psychopathe. De nombreux enregistrements (sans parler de lecteurs CD et autres amplificateurs) ne sont pas en phase absolue. On le constate aisément sur les transitions qui, sur la bonne position de la clef (invert, normal) paraissent beaucoup plus francs et la scène sonore mieux étagée. Rappelons qu'il ne s'agit pas d'une

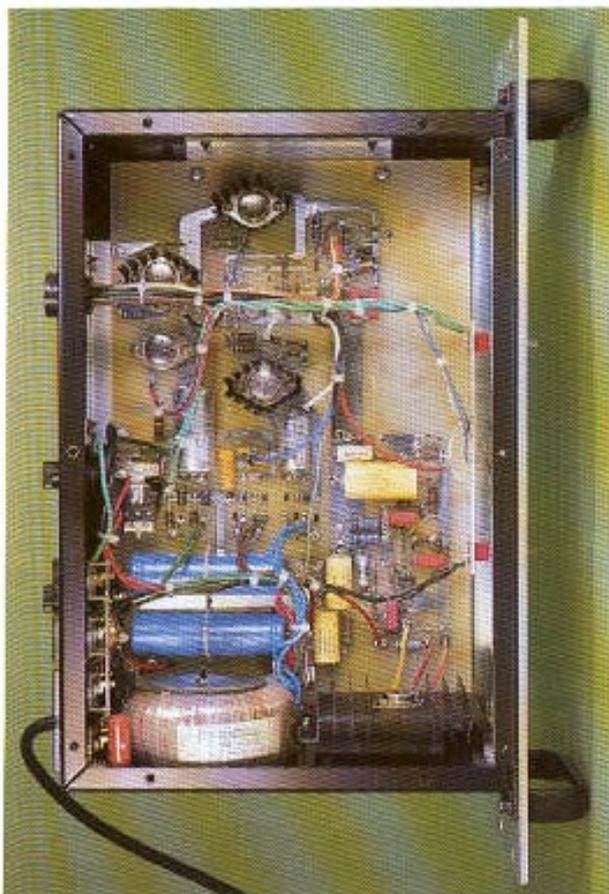


inversion de phase sur un canal par rapport à l'autre (qui se traduit par une absence de grave et une image qui glisse d'un côté à l'autre) mais de l'inversion de phase des deux canaux ensemble soit à la prise de son, soit au cours du parcours du signal dans certaines électroniques.

A la mise sous tension, le circuit de temporisation laisse le temps aux alimentations de se stabiliser pendant 45 secondes.

L'autre grande nouveauté du SP 15 par rapport à ses prédécesseurs réside dans la possibilité de sortie du signal sur prises asymétriques (simple Cinch) ou symé-

trique soit sur une paire de Cinch par canal, soit par des prises Canon XLR verrouillables. Cette dernière possibilité ouvre un champ plus large d'applications (matériels professionnels) mais aussi pour l'audiophile qui n'accepte pas les compromis, une amélioration assez sensible du rapport signal/bruit et par voie de conséquence un pouvoir de définition accru sur les petits signaux et cela,



même avec des câbles de grandes longueurs entre préampli et ampli.

## Analyse du schéma par Héphaïstos

Même sans les références des composants actifs et sans les valeurs des composants passifs, le schéma du préamplificateur SP 15 est digne d'intérêt. Les circuits sont très élaborés et très originaux avec des combinaisons savantes faisant appel à de nombreux condensateurs ; utilisation remarquable aussi de

transistors à effet de champ employés en diodes (drain et source en court-circuit) de protection, semble-t-il, sans que j'ai pu deviner un avantage par rapport à des diodes classiques.

## La fonction préamplification

Le préamplificateur est organisé selon le schéma de la figure 1 : un préamplificateur à correction RIAA active, un jeu de commutation avec commande de gain, un amplificateur de 29,5 dB et deux amplificateurs inverseurs de sortie.

Les amplificateurs utilisent beaucoup une structure très originale dont le schéma de principe est donné en figure n° 2 : un différentiel composé de deux transistors complémentaires (principe déjà utilisé dans un ampli Nad avec des transistors bipolaires) suivi d'un étage suiveur ; le tout est rebouclé en amplificateur unipolaire.

Ici, ce ne sont pas des transistors bipolaires qui sont utilisés mais une savante combinaison de transistors à effet de champ (à jonction ou MOS) et, dans le cas du préamplificateur RIAA, de triodes.

### — Amplificateur inverseur et amplificateur de 29,5 dB

Leurs schémas, donnés en figure n° 3 (sans les circuits de protection), sont identiques à deux condensateurs près. On notera derrière un transistor à effet de champ d'entrée (qui, outre son amplification, décadre la dynamique du signal vers les tensions positives), la structure décrite plus haut : le différentiel composé de deux MOSFET de polarité opposée et l'amplifica-

teur suiveur utilisant deux MOSFET. L'alimentation est élevée (290 V) et unique. La sortie et la contre-réaction globale se font à travers un condensateur.

### — Préamplificateur RIAA

Le schéma du préamplificateur RIAA donné en figure n° 4 montre encore l'usage de la structure rebouclée dont nous avons parlé plus haut ; elle est employée deux fois mais ici le différentiel est composé d'un transistor à effet de champ à jonction (canal P) et d'une triode (ECC 88) ; l'étage suiveur utilise un MOSFET.

La chaîne d'amplification rebouclée en correcteur RIAA se compose donc de : un transistor à effet de champ amplificateur et décadreur, une première structure rebouclée, un étage d'amplification basé sur une triode, une seconde structure rebouclée.

La sortie se fait toujours à travers un condensateur mais, cette fois-ci, le gain est trop important en boucle ouverte pour éviter un rebouclage en continu qui stabilise la polarisation de l'amplificateur.

L'alimentation est toujours aussi élevée et sa valeur peut sembler démesurée par rapport à l'amplitude des signaux ; elle est séparée en deux.

Un filtrage de l'extrême-grave (commutable) est possible : il est réalisé au moyen d'un amplificateur opérationnel monté en filtre passe-bas qui réinjecte en contre-réaction le signal de sortie sur la résistance de source du FET d'entrée à travers un FET utilisé en commutation.

### — Impression générale

Ces schémas semblent avoir été conçus, même s'ils utilisent beaucoup de transistors, dans l'esprit des circuits à tube : tension élevée, contre-réaction locale importante. On sent que le concepteur est très loin des habitudes de penser des concepteurs de circuits intégrés analogiques, qui ont envahi la conception analogique.

## La fonction alimentation

L'alimentation, fournie dans un boîtier séparé, associe des alimentations auxiliaires à base de circuits intégrés de régulation à des alimentations très élaborées (voir la figure n° 5) qui fournissent les hautes tensions nécessaires aux circuits amplificateurs.

Une alimentation primaire alimente trois alimentations secondaires : deux pour le préampli RIAA et l'autre pour les amplificateurs linéaires. L'alimentation primaire utilise un amplificateur opérationnel (alimenté en flottant sur la sortie) et un MOSFET de sortie dans une configuration très classique. Elle permet de réduire l'influence du secteur (ronflettes et variations).

Les alimentations secondaires utilisent aussi un amplificateur opérationnel et un MOSFET de sortie mais ils sont utilisés en suiveur dans un montage multiplicateur de capacité, comme au bon vieux temps. Cela fait des alimentations régulées avec une référence très bien filtrée.

*Voir figures en pages 62 et 63*

## L'écoute

Vincent Cousin

*Il est rare d'avoir à porter un jugement sur une électronique de cette classe, de celles qui associent au plus haut point excellence de fabrication et clarté de restitution. Car en passant en revue les nombreuses qualités de ce préampli, je dirais que c'est sa transparence qui m'impressionne le plus. Lorsque l'on saute d'une bonne électronique conventionnelle au préampli SP 15, l'impression générale est que l'on soulève un voile devant les enceintes. De bi-dimensionnelle, la restitution devient tri-dimensionnelle, gagne en spatialisation mais aussi en précision. Suivre un accompagnement ou une ligne mélodique*

*devient dans ces conditions un véritable jeu d'enfant. La balance tonale est parfaitement équilibrée et la courbe de réponse ne semble absolument pas tronquée dans les extrêmes. Cette capacité d'analyse ne se trahit pas par une impression de fraîcheur et sur ce plan aussi, un savant équilibre est constamment maintenu. Les attaques sont pleines de vigueur sans que l'on tombe jamais dans la caricature et ces moments intenses sont suivis de passages d'une grande douceur et d'une extrême délicatesse. Les timbres ne sont pas pincés, l'image n'a pas tendance à rétrécir même lors des tutti les plus fracassants. Les défauts ? Peu ou insignifiants. Si, quand même, un point assez important est à souligner. Sur nos enceintes, des modèles à très, très haut rendement, il aura fallu, étant donné le gain « chevaleresque » du SP 15, user de l'atténuateur (en position -12 dB). Mais même dans ces conditions un très léger souffle passe encore dans les haut-parleurs. Ce petit défaut disparaît dans les positions inférieures de l'atténuateur (-18 dB et -24 dB) mais alors on perd un peu en transparence, ce qui oblige à établir un compromis (-12 dB par conséquent). Pour conclure, je dirais que ce merveilleux préampli représente certainement à l'heure actuelle le meilleur de la technologie hybride tubes-transistors. C'est le type même d'électronique qui ne se remarque pas à la première écoute par tel côté plus ceci ou plus cela mais dont la neutralité et, je dirais l'« honnêteté » s'imposent au fil du temps. D'ailleurs, même la ligne les rend indémodables. Une réussite et une référence incontestable.*

Christian Blérald

*On pourrait à tort considérer que le fait d'être le dernier de la prestigieuse marque Audio Research donne plus de facilité*

*pour remporter les Muses d'Or de L'Audiophile !*

*Bien au contraire, le handicap était considérable car, contrairement à notre « Muse » d'octobre dont le rapport qualité/prix était imbattable, les Audio Research sont à classer dans une catégorie « Hors concours » qui fait abstraction de toute notion de compromis quel qu'il soit. Il faut tout de même réaliser que bien peu d'entre nous peuvent espérer avoir un jour les moyens financiers leur permettant de s'offrir de tels « monuments ». Donc, j'espère m'être bien fait comprendre en situant d'emblée l'énorme écueil du prix qui ne laisse place à aucune indulgence de la part des auditeurs.*

*Compte tenu de ce qui précède, c'est le couteau entre les dents que nous l'attendions, très sincèrement nous étions prêts à ne rien laisser passer ; en fait, je peux rétrospectivement l'avouer, le côté « inaccessible » de l'objet en avait fait dans mon esprit un préampli « provocateur », rien ne pouvant justifier l'investissement nécessaire à son acquisition, et pourtant...*

*Disons-le clairement, après cinq ou six minutes, j'étais convaincu que l'électronique à l'écoute était un chef-d'œuvre, ce préampli est unique, je n'ai encore jamais eu l'occasion d'apprécier sur une entrée PU-RIAA autant de qualités dans des registres aussi divers. On a la sensation que tous les disques sont meilleurs, c'est un peu comme lorsque l'on remplace par un neuf un disque noir usé dont une bonne partie des petites informations a disparu, emportée par une succession inavouable de diamants.*

*Certains de nos enregistrements « test » qui nous gratifiaient de distorsions type « saturation de micro », ne coïncident plus. Les niveaux sonores atteints sur des disques dont la prise de son paraissait timorée*

sont transcrits avec un brio jusqu'alors inconnu, les timbres superbes sont à la fois fidèles, fruités et d'une richesse telle qu'on redécouvre des fins de notes oubliées par la plupart des autres « bons préamplis ». Très peu d'appareils au monde atteignent un tel degré d'homogénéité dans la reconstitution d'un signal musical, je considère que la technologie du tube apporte chaque fois un plus, extrême-

du spectre possède la rare qualité de n'avoir aucune personnalité, si le message doit être ferme et tendu, il l'est à tel point qu'on croirait que les amplificateurs atteignent un facteur d'amortissement de 1 000 ou plus, tout en offrant paradoxalement un médium-aigu d'une limpidité et d'une ouverture digne d'un ampli sans contre-réaction (en association avec les blocs monos Classic 150).



ment difficile à exprimer, déjà ressenti à l'écoute d'autres réalisations Audio Research telles que SP 6, SP 11. D'un prix certes plus élevé le SP 15 leur est encore un peu supérieur sur le plan neutralité (technologie hybride ?). Quel que soit le disque en écoute, l'agrément est toujours présent avec, à chaque fois, des différences portant sur l'équilibre sonore, la profondeur, les atmosphères de salle, etc.

A mon avis, sa supériorité s'affirme avant tout sur une capacité pour ainsi dire unique de transmission des écarts dynamiques, notamment sur les petits signaux, qui font que les enceintes deviennent « un aquarium » à l'intérieur duquel une multitude de choses se passent. Derrière, devant, au fond, des respirations se font jour, l'écoute prend un côté holographique qui recrée (notamment sur de l'opéra) une véritable scène sonore et ce, dans toutes les dimensions. Signalons que le bas

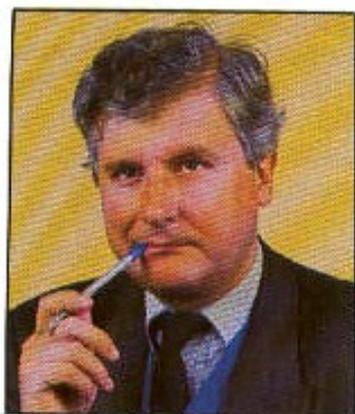
Sur une source CD utilisée sans préampli, le résultat semble moins vivant, plus retenu, ce qui confirme la grande classe de ce SP 15 qui, même en entrée auxiliaire, améliore considérablement le résultat final qui atteint dès lors un niveau que nous reverrons probablement plus ! le SP 15 ne serait-il pas le dernier grand préampli ?

**Patrick Vercher**

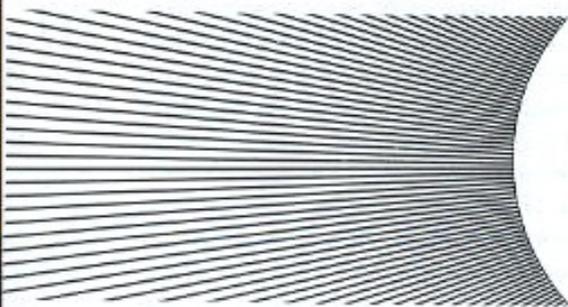
Nous étions habitués au SP 11 qui marquait une nette évolution par rapport au SP 10 et pensions être arrivé à une certaine forme de perfection. Or, après écoute du SP 15, nous avons ressenti un véritable choc « émotionnel » que ce soit sur les entrées phono ou CD. En effet, le SP 15 combine une délicatesse de timbre extraordinaire avec un pouvoir analytique qui dépasse l'entendement, tout en respectant une différenciation des plans sonores, sans fausse perspective rajoutée. La neutralité est poussée à l'extrême sur l'entrée CD où la

dynamique exacerbée rend vraiment justice aux performances des derniers lecteurs. Ainsi, sur les ensembles vocaux, les fortissimos passent avec une aisance incroyables comme dans la réalité sans impression d'étranglement mais avec une montée naturelle que l'on ne ressent jamais de cette manière sur aucun autre ampli. Sur les tests très difficiles de bruits de mer, la répartition de l'énergie de l'extrême-grave à l'extrême-aigu est si bien rendue et la phase si bien respectée (merci pour l'inverseur de phase absolue) que l'on peut ressentir non seulement le souffle puissant des vagues qui s'écrasent mais presque compter les infinies gouttelettes tombant sur la grève, ainsi que le sens du mouvement (très, très rare), à tel point que l'on a envie de faire un pas en arrière pour ne pas être mouillé. L'événement sonore prend un tel relief (sur les bonnes prises de son) que l'on dépasse totalement toutes les notions de distance floue entre les instrumentistes pour assister à un étalement d'un hallucinante précision. Etre comme au concert prend réellement sa signification avec le SP 15 grâce aussi à la somme incroyable de micro-informations qu'il révèle là aussi sans forcer et sans déséquilibre tonal par une mise en avant de bas-médium par exemple.

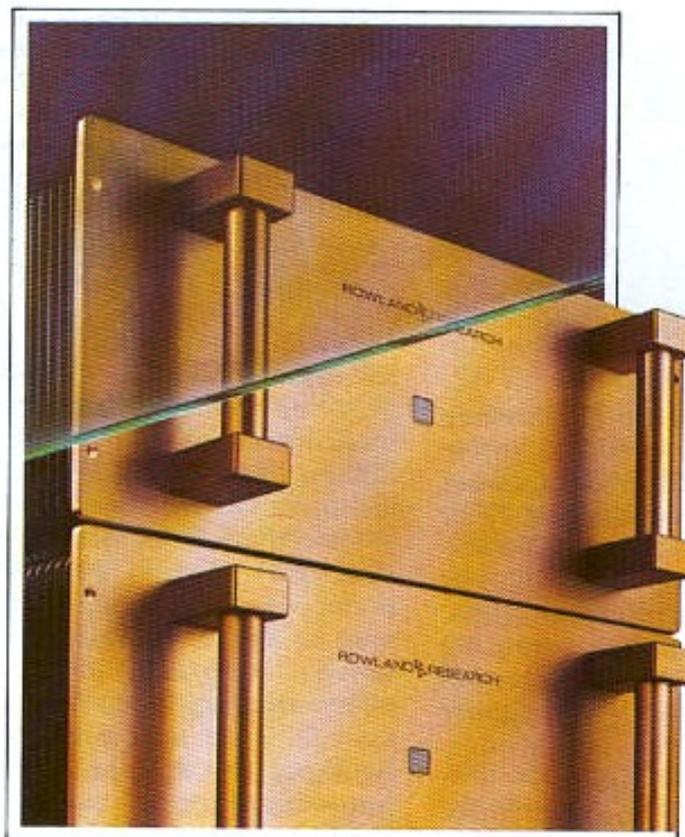
L'étage phono est superbe, avec une cellule MC, en réglant le gain à -12 dB, le souffle est presque absent même avec des enceintes à très haut rendement. Cela n'était pas évident avec un gain aussi important. Sur cette entrée, le sens de la mélodie est incroyable. Ainsi, sur l'un de nos tests « Jojo » de Jacques Brel, l'accompagnement à la guitare prend une couleur extraordinaire avec un détachement par rapport à la voix du chanteur et la mélodie de la deuxième guitare enregistrée avec une infime réverbération. Le sentiment de pathétique ressort avec évidence, jamais



Patrick Vercher



# QU



### Le « grand » Jeff Rowland a encore sévi

*Les électroniques américaines Rowland Research sont nées sous l'impulsion d'un ingénieur électronicien remarquable qui a su traité les circuits audios avec une attention particulière pour des détails qui changent tout à l'écoute. Ainsi, sur le préampli Coherence One les étages sont encapsulés dans de l'époxy pour trois raisons : la stabilité thermique, le contrôle parfait des vibrations, la protection de la configuration des circuits. Pour les unités de puissance, la qualité de construction dans les moindres détails atteint les sommets de l'art audio. La stabilité de fonctionnement est inconditionnelle même sur des charges complexes. Nous avons pu vérifier sur différents types de haut-parleurs isodynamiques et électrostatiques : les sonorités ne changent pas même quand l'impédance chute. A écouter attentivement, dans les conditions les plus difficiles, ils font la différence.*  
P. V.

### Meitner, la transparence absolue

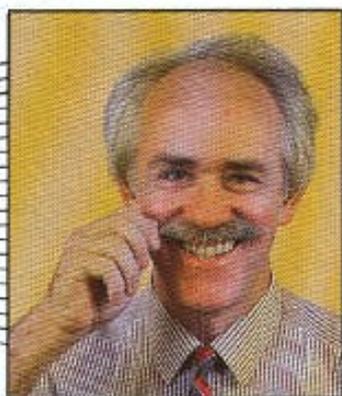
*Quand nous avons eu pour la première fois les électroniques Meitner en écoute, nous nous sommes demandés si nous n'avions pas lever un voile devant les enceintes, tant leur transparence était évidente. C'est certainement les électroniques « Solid State »*

*qui peuvent concurrencer sur leur propre terrain les amplis à tubes du point de vue transparence et dynamique, cela sur l'ensemble du spectre audio à reproduire. Certes, ils ne payent pas de mine, mais le préampli PA-6i avec sa télécommande est très pratique et les amplis MTR-101 et STR-55 sont d'une dynamique époustouflante. Peut-être que les étages de puissance à MosFet ne sont pas étrangers à ces qualités musicales évidentes. Les circuits de protection sont efficaces mais ne sont pas sur le chemin du signal audio, pas de risques d'harmoniques indésirables.*

P. V.



# IDD



Jean-Claude Tornior

## Polyglass, le traitement miracle de Focal

Les amateurs de kits d'enceintes de haut de gamme peuvent avoir le sourire, la nouvelle série des haut-parleurs Focal Audiom 12 (grave) et Audiom 7 (médium) ont leur membrane en papier traité par une couche « miracle » de Polyglass, mélange de micro-billes de verre avec un liant, le tout pulvérisé. Ce traitement rabote les petites irrégularités dues au fractionnement partiel de la membrane et procure rigidité sans alourdir l'équipage mobile. Il faut l'entendre pour le croire, le pouvoir de définition, la capacité dynamique et la linéarité de ces haut-parleurs atteignent des sommets.

C'est si évident sur le grand kit Audiom 12 qu'il est difficile de faire marche arrière. Toute une série d'enceintes Auditor ont leurs haut-parleurs traités de la même manière, le résultat est fantastique, et nous pesons nos mots.

P.V.

## Linn, le bicâblage, une amélioration évidente à l'écoute

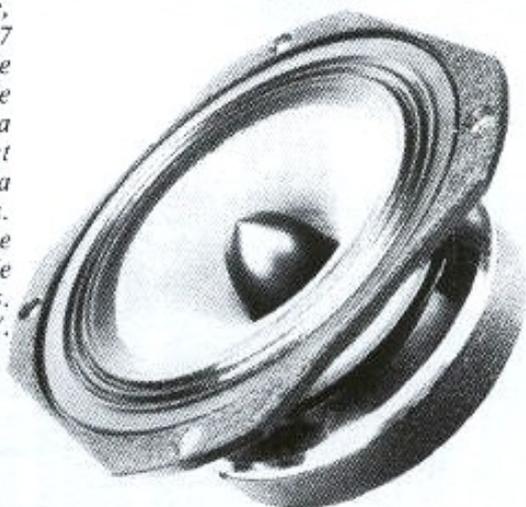
Le constructeur Linn a été l'un des premiers à mettre l'accent sur le gain de qualité sonore obtenu par le bicâblage grâce à l'adoption de filtres de répartition des fréquences à masse séparée. Pour cela, il suffit de dédoubler les câbles de liaison à la sortie de l'ampli et d'attaquer respectivement, par le bornier prévu à cet effet à l'arrière de l'enceinte, les sections grave et aiguë. A notre avis, il vaut mieux utiliser le même type de câble et éviter les panachages. Le gain en définition, profondeur, netteté du registre grave est incroyable. Sur la nouvelle Linn Isobarik DMS on peut effectuer ce type de liaison en tricâblage et là aussi la différence est audible.

P.V.

## Rowen Powered by AR ou l'art d'associer de prestigieux transducteurs

L'importateur suisse d'Acoustic Research devait certainement regretter certaines enceintes de chez AR (voir rubrique Naguère) car il a éprouvé le besoin de réaliser ses propres systèmes à partir des célèbres médiums à dôme et tweeters qui équipaient les AR 3a et LST dans une configuration d'enceinte colonne à large diffusion pour un rayonnement bien contrôlé étendant la zone d'écoute. Le résultat est étonnant, toutes les variétés de musiques passent de manière à la fois spectaculaire et neutre, comme quoi les bons haut-parleurs ne vieillissent pas et là aussi la légende continue...

P.V.





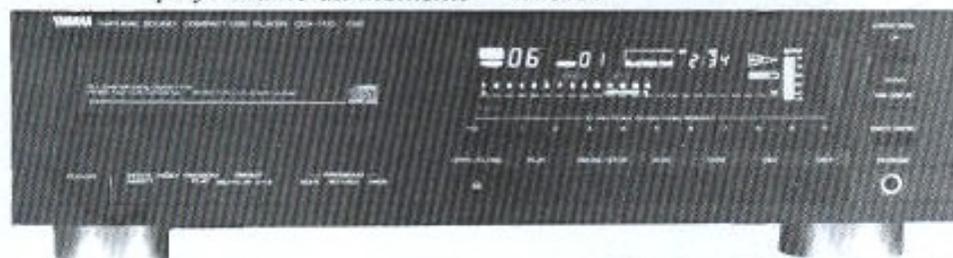
## Le plus beau lecteur CD est français : Micromega CD-F1 Digital + convertisseur Duo

Micromega est le seul constructeur français de lecteurs CD et on ne peut que saluer son courage. L'ensemble CD-F1 Digital + convertisseur Duo est d'une beauté à couper le souffle. Reprenant le principe de chargement d'une table de lecture analogique, il fait reconsidérer l'approche du disque CD qui n'est plus un objet que l'on « balance » négligemment dans un tiroir mais qui reprend tout son caractère précieux. En dehors de cette approche différente, l'ensemble écouté sur plusieurs systèmes apporte une aération et un sentiment de liberté formidable sur les pointes de niveau. Enfin, de véritables ambiances de salles de concert, la recherche du détail sonore qui modifie réellement la perception de l'environnement s'effectuent avec naturel sans déséquilibrer la qualité des timbres. Daniel Schär peut être fier de son enfant digital, il est digne d'entrer dans les systèmes audios les plus sophistiqués. P.V.

## Plein de bits, pas de filtre !...

C'est le grand outsider du Kenwood. C'est un des meilleurs choix actuels, ses qualités sont différentes. Grâce à un suréchantillonnage 8 fois qui place la porteuse à plus de 350 kHz et un convertisseur 20 bits, le CDX 1110 peut se permettre la suppression totale du filtrage analogique. Cette configuration exclusive est très efficace et sans aucun doute la plus performante du moment.

Pour situer les différences, nous pouvons dire que le Yamaha chante plus. Si on écoute une ligne mélodique simple ou un orchestre de peu de musiciens, la beauté des timbres du Yamaha vous enchantera et le Kenwood restera de glace. Sur le Yamaha, les aigus filent, sont déliés et aériens. Par contre, si le message devient complexe, chœurs d'hommes et femmes, le Kenwood semble lire un peu plus loin dans l'enchevêtrement des sons. Yamaha CDX 1110. J.C.T.



## Electro Voice come back !

Un soir, nous étions très fatigués, un peu las d'écouter, réécouter quelques appareils très proches les uns des autres et puis nos « petits camarades » de Son Vidéo Magazine avaient laissé dans un coin de la salle d'écoute des petits systèmes 3 voies Electro-Voice Status 60. Tiens, ce nom réveille en nous certains frissons passés avec des Patrician 25 ans auparavant. Nous les branchons, vaguement dubitatifs et dès les dix premières secondes d'écoute, l'éblouissement. Ce n'est pas possible, on s'est trompé, on a branché un gros système audiophile à pavillon multicellulaire et grave exponentiel, etc. Non, ce sont bien les Status 60 qui marchent, et de quelle manière ! De quoi vous tirer de la torpeur, de la lassitude, du j'ai-tout-entendu, j'ai-tout-essayé, c'est vraiment autre chose qui se passe grâce à une capacité en énergie, une absence de coloration du haut-grave à l'extrême-aigu qui vous feront revoir tous vos préjugés éventuels sur les enceintes à haut rendement. Ce n'est pas de la sono, ce n'est pas de l'enceinte de studio, c'est un système Hi-Fi 3 voies dont l'ouverture, la dynamique, l'absence de distorsion dépassent de loin ce qu'on a l'habitude d'entendre sous ce volume. Vous n'êtes pas forcés de nous croire, essayez de les écouter, bien qu'actuellement l'importateur SCV Audio, bien connu des pros, est en train de se constituer un réseau de distribution Hi-Fi. P.V.



## Cantilène, la Confluence de toutes les qualités...

*Le constructeur français Confluence, vous connaissez ? Peut-être pas encore, cependant son système 2 voies Cantilène est une véritable merveille sous un volume très acceptable. La richesse d'expression, sa facilité à transcrire les nuances, sa réponse transitoire, son de suivi mélodique nous ont tellement étonnés que nous l'avons prise comme l'un de nos points de référence en matière de système 2 voies. Ce n'est pas un coup du hasard mais de très longues heures de mesure et d'écoute de la part de ce concepteur qui s'est attaqué au vrai problème de la transcription musicale. Écoutez-la si vous ne nous croyez pas.*

P.V.

## Coup de chapeau à l'un de nos lecteurs passionnés M. Bruno Ginard

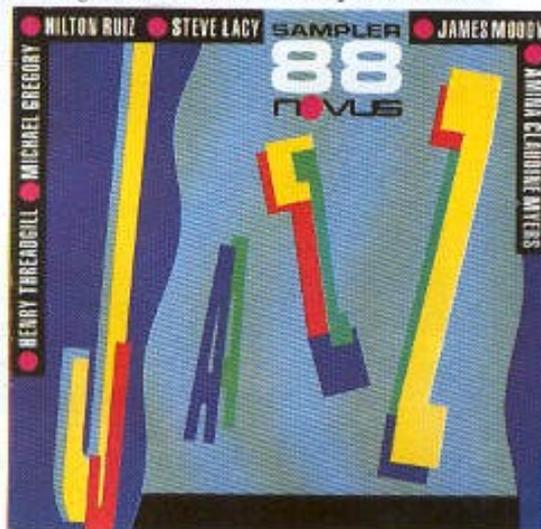
*Non, il ne s'agit pas d'une enceinte fabriquée chez Tannoy mais bien d'une réalisation personnelle autour du célèbre coaxial 38 cm Tannoy reprenant le principe de charge de la RHR mais avec des panneaux extérieurs en Médiapan de 38 mm et intérieurs de 25 mm (!) avec tasseaux de chêne 5x5 entre les cloisons du pavillon exponentiel. Résultat : 130 kg par enceinte, pas de coloration de coffret, une dynamique à faire pâlir les enceintes de studio et une linéarité stupéfiante même dans le grave. Un détail marquant le souci de perfection de M. Ginard, le placage noyer clair est symétrique pour les enceintes droite et gauche... Avec de la patience et du courage on peut arriver à construire à partir de haut-parleurs dignes de ce nom des merveilles !*

P.V.

## Des autoroutes pour vos lecteurs de course

*Le hasard a fait que nous ayons croisé un échantillon de la marque de disques Novus. Les choix réalisés sur ce disque nous ont donné envie d'en savoir plus. Les musiques présentées sont, selon les musiciens, du jazz moderne ou du jazz rock, mais ce qu'il y a de remarquable c'est la qualité des enregistrements et le naturel des prises de son. Parmi les quelques échantillons que nous avons entre les mains, nous avons adoré : Henry Threadgill Sextet 3013-2-N, Steve Lacy 3021-2-N, James Moody 3008-2-N.*

J.C.T.

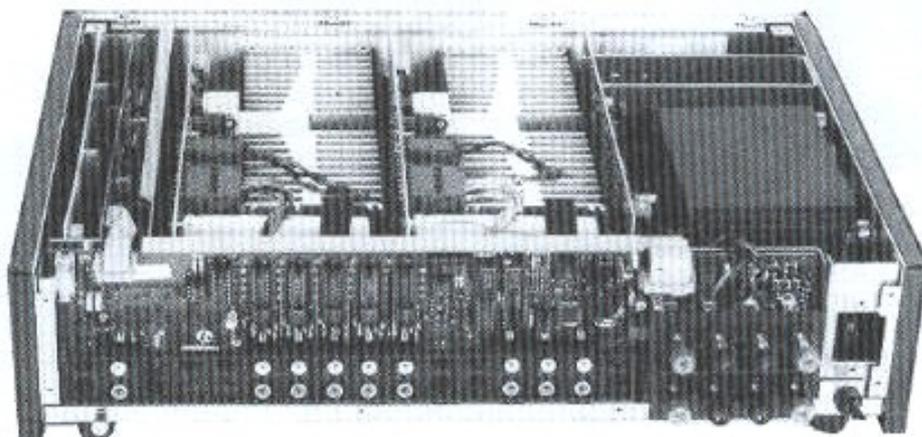
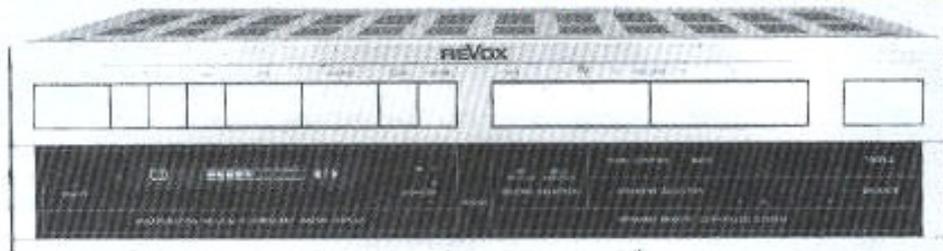


## Revox for ever

*Eh oui ; il y a longtemps que nous attendions cela nous pensions même que ce n'était plus possible et puis il est arrivé. Nous entendons par cela un amplificateur Revox non pas réservé à des ingénieurs sortis de Polytechnique mais pour de simples amateurs de musique. Nous ne pouvions pas y croire, nous nous sommes placés devant et nous avons tout de suite compris son fonctionnement sans le mode d'emploi. Côté réalisation, c'est somptueux et toujours superbement dimensionné. Certains fabricants d'amplificateurs font l'analogie de leur fabrication avec la Rolls ; là, je ne sais pas si la voiture correspondante existe. Côté son, c'est charnu, dynamique, très monitor. Cet amplificateur semble refuser d'enjoliver le signal, il respecte scrupuleusement le*

*message mais avec une santé d'enfer. C'est peut-être le meilleur ampli de la marque que nous ayons écouté. Un très bon achat qui se confirmera dans le temps. Amplificateur Revox B 150.*

J.C.T.



## L'énergie en plus

Ça y est, le CDV arrive. C'est-à-dire que, non seulement vous aurez un son de qualité laser mais en plus, si le disque est vidéo, une image de grande résolution (440 lignes). Ces merveilleux appareils permettent de lire tous les CD audio 12 cm actuels dont ils ne restituent que le son ; dans ce cas, la partie vidéo affiche sur l'écran de télévision les numéros de plage et le temps. Un important programme vidéo va être conjointement mis sur le marché qui, dans un premier temps, sera

exclusivement musical : opéra, variétés, concert, etc. Nous avons pu disposer des premiers échantillons et nous sommes certains que l'image va donner une nouvelle dimension au son sans lui ravir son importance. Marantz, avec le CV 55 est l'un des premiers à sortir le CDV avec une connotation du son audiophile. Cela va sans doute intéresser les personnes sur le point de changer ou d'acheter un lecteur CD qui, pour un peu plus, pourront directement accéder au CD Vidéo. *J.C.T.*

## Enfin du nouveau dans l'enceinte acoustique

Le célèbre constructeur français Jean-Marie Reynaud s'apprête à commercialiser son modèle d'enceinte Référence. Il avait déjà été présenté en pré-série lors du Festival du Son. Depuis, le modèle qui demande des exigences de fabrication serrées est arrivé à terme et va bientôt envahir les auditoriums haut de gamme. Il faut dire que la philosophie de reproduction sonore est intéressante car la diffusion du son en phase est assurée d'une manière presque omnidirectionnelle. En effet, si le principe de grave qui a fait ses preuves sur la Récital est repris, le médium et l'aigu sont restitués par des haut-

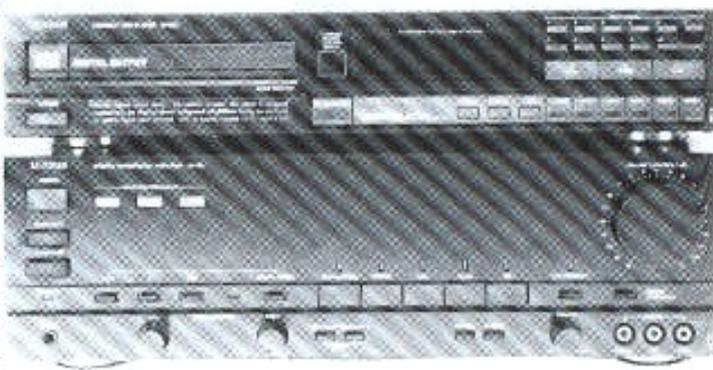
parleurs situés dans une colonne légèrement en avant de l'enceinte et qui diffuse sur 360° par l'intermédiaire de lentilles acoustiques coniques qui présentent l'avantage de charger l'avant des haut-parleurs et de réguler la réponse en phase perturbée par la diffraction des membranes. Cette enceinte est actuellement le haut de gamme du constructeur français. Elle est d'une présentation rigoureuse et technique non dépourvue de charme en laque noire. Nous reparlerons sûrement dans le détail de cette réalisation hors du commun. *J.C.T.*

## 3A Master V, la 4 voies qui s'efface devant la musique

Mettre un système 2 voies au point n'est pas évident, une 3 voies encore moins, et une 4 voies, on tombe presque dans Mission Impossible. Or 3A a relevé ce défi, l'homogénéité de diffusion sonore de sa Master V, cela dans toutes les directions, nous a plus qu'étonnés. Tout est parfaitement aligné en phase et en niveau et cela s'entend ou plutôt ne s'entend pas car les deux enceintes de forme pyramidale s'effacent devant la scène sonore reproduite. C'est l'une des rares fois où un environnement est aussi bien rendu sans effort et sans crispation même sur les pointes de niveau. Amateurs d'opéra ou de hard-rock, vous ne serez pas déçus, vous risquez fort de vous retrouver sur vos lieux préférés sans aucun effort d'intellectualisation. *P.V.*

## Une nouvelle manière d'aborder le digital

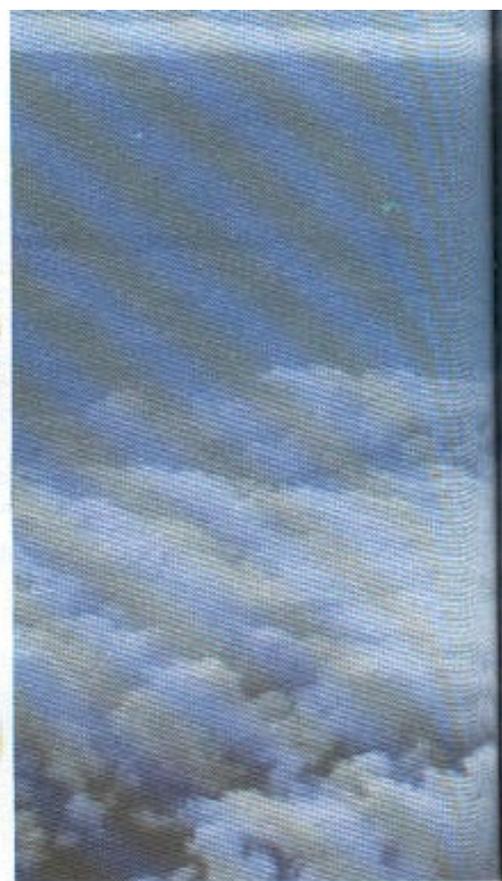
Luxman a été l'un des premiers constructeurs à proposer des intégrés digitaux comportant une section convertisseur universelle. Tout l'intérêt de ce type d'appareil résidait dans la possibilité de branchement d'une platine CD possédant une sortie digitale et si possible n'ayant pas les circuits de conversion. C'est chose faite maintenant avec l'ensemble intégré digital LV-113 et lecteur D-113D sans convertisseur, qui sont reliés l'un à l'autre soit par une liaison coaxiale soit par une liaison fibre optique. Cela ouvre la voie à de nombreuses possibilités d'exploitation pour un prix encore abordable et une qualité supérieure (décodeur spécifique universel de très hautes performances). *P.V.*



**Page non  
disponible**



いま、感動あらたに  
音とAV・サンシャイン



# AUDI

# J

*usqu'ici les principales manifestations de l'Audio Fair de Tokyo se sont déroulées dans le parc d'exposition d'Harumi. On pouvait visiter au même endroit et aux mêmes dates le Japan Electronics Show, le grand salon des composants électroniques. Cette année, devant l'ampleur prise par le marché de la vidéo, le Japan Electronics Show a décidé de regrouper toute l'électronique grand public. L'Audio Fair, dont les dernières tendances étaient plutôt celles de l'« Audio-Vidéo Fair », ne regroupait plus que l'audio, une soixantaine d'exposants qui se sont retrouvés non pas à Harumi mais au Convention Center d'Ikibukuro, un autre centre très animé de Tokyo.*

Première constatation : les petits constructeurs n'exposent plus, ceci pour plusieurs raisons : coût des stands trop élevé, disparition presque totale du disque noir et de plusieurs petites firmes spécialisées, prolifération du haut et du très haut de gamme chez pratiquement tous les constructeurs pour qui les principaux

marchés restent néanmoins les matériels grand public, sans parler de la concurrence du haut de gamme importé, le Japon absorbant à lui seul près de 60 % de la production mondiale.

Pour éviter le phénomène courant des salons parallèles, plusieurs petits importateurs avaient décidé de se regrouper avec la

Japan Society (organisateur de l'Audio Fair) pour présenter aux mêmes dates les maillons prestigieux en provenance de l'étranger à l'Hôtel Grand Palace.

Seconde constatation : contrairement à ce que pourraient dire certains constructeurs japonais, le marché de la hi-fi et du



# FAIR '88

*Jean Hiraga*

disque se porte très bien, la division d'un marché en expansion en parts de plus en plus nombreuses pouvant en être l'explication. En effet, selon la Japan Record Phonograph Association, la production annuelle de disques est passée à plus de 315 milliards de yens (un peu plus de 15 milliards de francs), soit une augmentation de 105 % par rapport à l'année précédente. Plus d'un tiers de ce chiffre (137 milliards de yens) concerne le marché du compact-disc (en augmentation de 141 % par rapport à l'année précédente), un autre tiers étant consacré à la cassette audio (augmentation de 107 %). Le marché du disque noir, lui, n'est plus que de 73 milliards de yens, la production totale ayant chuté de 71 % en un an. Le DAT, lui, ne prend pas l'expansion souhaitée mais n'est pas abandonné pour autant.

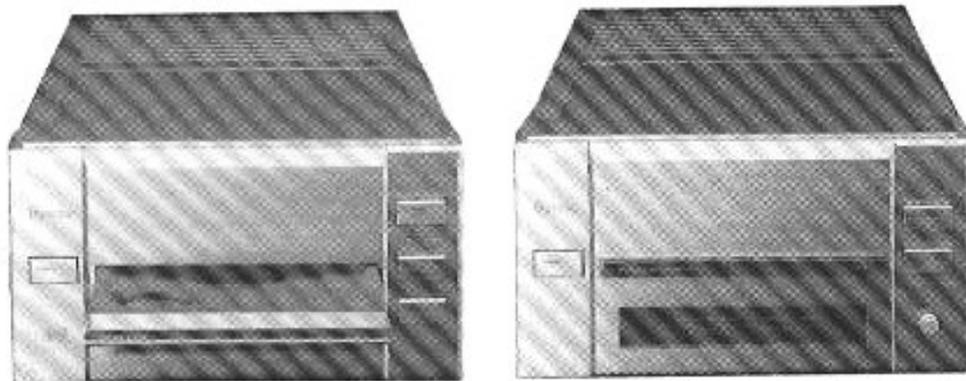
Comme chaque année, cette

37<sup>e</sup> Audio Fair a reflété plusieurs tendances :

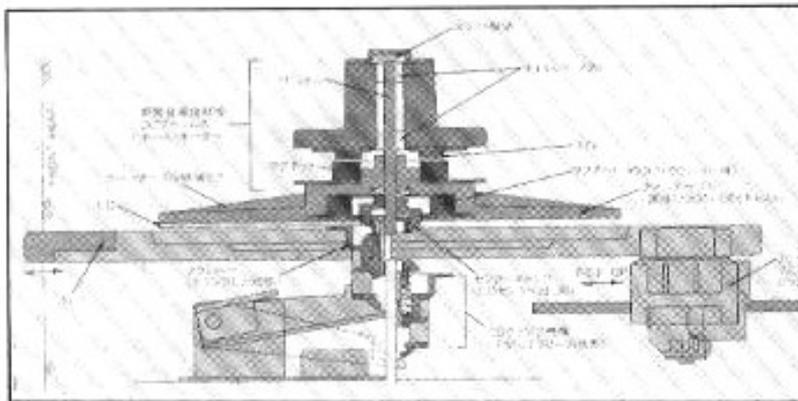
- enceintes colonnes,
- disparition progressive des haut-parleurs à membrane plane,
- généralisation des systèmes audio-vidéo et des lecteurs audio-vidéo multi-formats,
- magnétocassettes de haut de gamme,
- membranes de haut-parleurs à technologie avancée (céramique/graphite, fibres de carbone, béryllium, titane, bore),
- amplificateurs intégrés sans entrée phono,
- nouvelles générations de lecteurs de compact-disc (18 bits, quadruple suréchantillonnage, liaisons optiques, convertisseurs N/A séparés).

La plupart des « clous » de ce salon ont été publiés dans la Nouvelle Revue du Son et dans Son Vidéo Magazine. On pourra

s'y reporter éventuellement. Il va être surtout question ici de maillons de haut de gamme. Il faut être conscient du fait qu'au Japon, le haut et le très haut de gamme sont soit des réalisations de petite série réservées au marché local, soit encore destinées à rehausser l'image de marque d'un grand constructeur. Dans les deux cas, l'exportation de ces produits est difficile, pour ne pas dire impossible. Dans le premier cas, les capacités de production sont beaucoup trop confidentielles pour qu'une éventuelle exportation soit possible dans de bonnes conditions. Dans le second, les produits concernés ne sont que peu intéressants sur le plan commercial, vu qu'ils sont destinés soit à présider une nouvelle gamme dans laquelle les principaux bénéficiaires vont se situer à la base de celle-ci, c'est-à-dire dans le créneau grand public. C'est pourquoi, lors de la visite de



Lecteur CD de très haut de gamme Esoteric P-1 accompagné de son convertisseur D-1. A noter la présence d'un palet-presseur couvrant toute la surface du disque.



Lecteur CD à convertisseur séparé Luxman DA-7/DP-07, ce dernier étant à notre connaissance le seul capable de transcrire sans aucune déformation les impulsions et les signaux carrés.

l'Audio Fair, tout journaliste audiophile est doublement surpris. Il s'aperçoit, par exemple, que, contrairement aux rumeurs, les constructeurs japonais sont devenus capables (enfin !) de concevoir des enceintes dont le niveau technologique et la qualité subjective atteignent ou dépassent largement tout ce que l'on peut trouver de mieux ailleurs. C'est la première surprise. Le malheur est qu'on lui fera très vite comprendre qu'il est préférable qu'il ne parle pas dans son reportage de ces objets de rêve. C'est la seconde surprise, qui se transformera même en mauvaise surprise (coup de téléphone de l'importateur lui annonçant que ses derniers stocks de lecteurs CD risquent de rester invendus) s'il ose parler des dernières nouveautés qu'il a pu voir à l'Audio Fair.

Teac, par exemple, l'une des firmes les plus réputées au monde pour les enregistreurs lecteurs de bande, a créé récemment une série de très haut de gamme baptisée Esoteric. Au sommet de cette gamme se trouve le lecteur CD à convertisseur séparé P1/D1. Un soin exceptionnel a été apporté à la section mécanique : palet-presseur couvrant la totalité du disque, châssis ultrarigide en métal injecté, moteur asservi placé au-dessus du disque assurant un entraînement non pas à partir du centre du disque mais à partir de toute la surface du palet-presseur. Mais au Japon, un produit de très haut de gamme n'est jamais seul, le peloton de tête étant presque toujours constitué de cinq ou six produits concurrents d'une étrange ressemblance. Ainsi, on pourrait placer sur un pied d'égalité l'Esoteric P1/D1, l'Accuphase DP-80L/DC-81L (version modifiée), le Sony CDP-R1/DAS-R1 ou le Luxman DP-07/DA-07. Ce dernier s'inspire d'ailleurs (peut-être) d'une réalisation française en proposant un lecteur CD ultra-

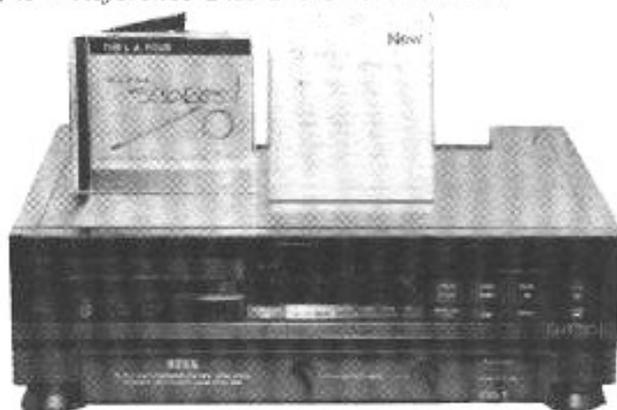
performant sur lequel le disque se met en place comme un disque microsillon. Le convertisseur qui l'accompagne, le DA-07, est sans doute le seul sur le marché qui fasse appel à un procédé nouveau, la « théorie de continuité » mise au point par les inventeurs Kamada, Mori et Toraiichi. Les résultats sont spectaculaires puisqu'il s'agit du seul convertisseur N/A pour lecteurs CD capable de transcrire de façon absolument impeccable, sans aucun phénomène d'écho ou de pré-écho, les impulsions ou les signaux carrés, ainsi que les informations musicales, comme le démontre fièrement Luxman. Espérons que nous aurons l'occasion de tester prochainement cet ensemble. Chez Kenwood, qui construit également de nombreux appareils de mesures, se trouvait un système de lecture de référence Disc Drive Mecanism, un appareil de très haute précision qui, suivi de nouveaux appareils de mesures Kenwood permet d'effectuer des mesures très poussées sur les lecteurs CD (mesure du fameux « Jitter », comptage des erreurs, optimisation des réglages assistée par ordinateur).

Stax, grand spécialiste des transducteurs électrostatiques présentait son nouveau lecteur CD Quattro II, ainsi que son amplificateur hybride (spécial pour casques Stax) SRM-T1.

Au Japon, un maillon importé de très haut de gamme dont la cote se place aux plus hauts sommets, ne peut subsister plus d'un an sans qu'un ou plusieurs concurrents s'inspirent de lui en essayant de faire toujours soit beaucoup mieux pour le même prix, soit beaucoup moins cher pour une qualité équivalente. On pourrait en exemple citer la petite firme Audio Device qui, en lançant sa gamme AD-E1, AD-C1 et AD-P1 s'inspire sans aucun doute des plus belles réalisations Accuphase et Cello. L'atténuateur du préamplifica-



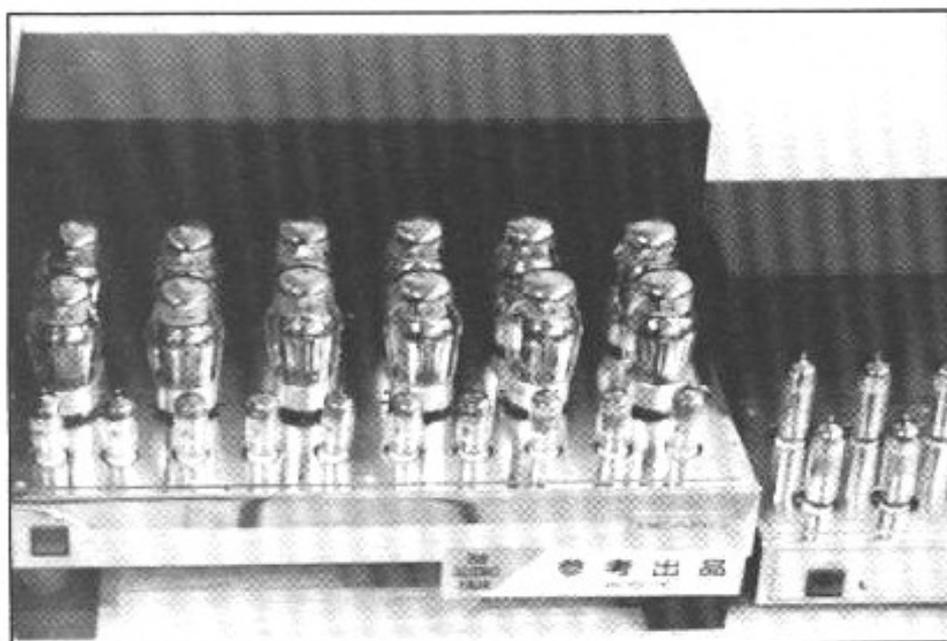
*Système de lecture de référence destiné principalement aux mesures de la firme Kenwood, le « Reference Disc Drive Mecanism ».*



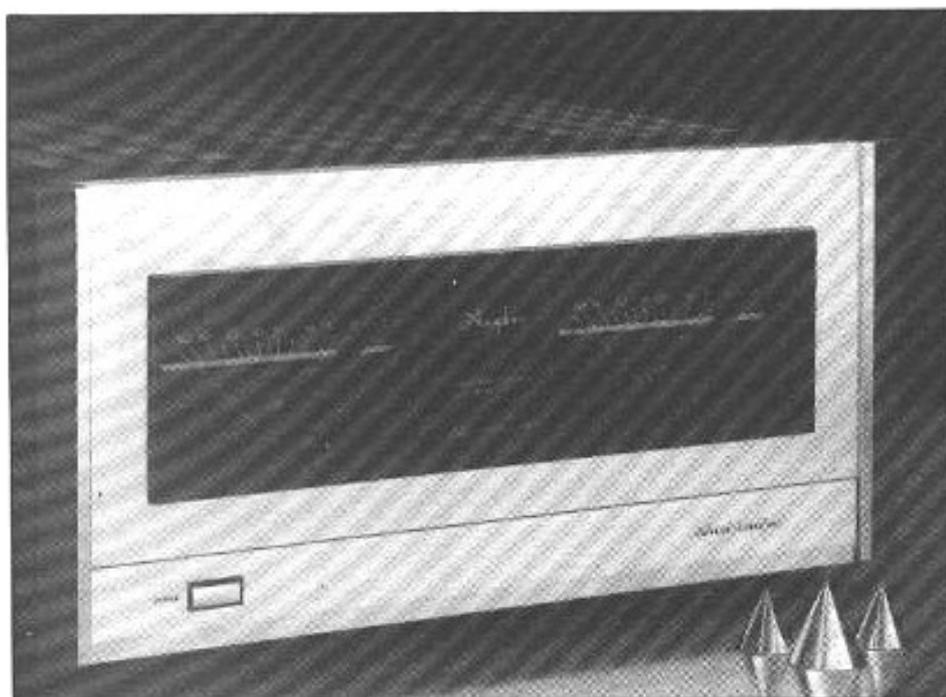
*Nouveau lecteur CD Stax Quattro II.*



*Genre de matériel de très haut de gamme qui restera sans doute réservé au marché japonais en raison de son prix extrêmement élevé, l'ensemble Audio Devices AD-E1, AD-C1 et AD-P1.*



Amplificateur Beard P 1000.



Amplificateur Accuphase P-800.

teur de ligne AD-C1, entre autres, utilise un atténuateur à plots « maison » d'une facture exceptionnelle qui s'inspire très fortement de celui conçu par Cello. C'est l'exemple type de produit qui n'aura que très peu de chances d'être exporté.

Au grand regret des mordus du disque noir, les tables de lecture analogique se font de plus en plus rares. Micro Seiki était l'un des rares à « oser » présenter une version améliorée de son très haut de gamme, la table de lecture SX 8000 II. Dynavector, de son côté exposait un nouveau bras de lecture ainsi qu'une cellule de haut de gamme à bobine mobile, la Karat DA-Karat 17D2 MKII, un modèle que la revue britannique Gramophone a encensé de critiques particulièrement élogieuses.

Il est impossible, faute de place, de parler en détail de toutes les nouveautés en matière d'amplificateurs. Citons seulement au passage la sortie, chez le constructeur britannique Beard, d'un nouvel amplificateur à tubes équipé de 12 tubes de puissance 6550.

Signalons la mise sur le marché par Accuphase d'un haut de gamme encore plus complet, l'amplificateur monaural le plus puissant étant le M 1000, capable de fournir 1 000 W sur 8  $\Omega$ , avec moins de 0,01 % de distorsion entre 20 Hz et 20 kHz, et près de 1 800 W sur charge 4  $\Omega$ . Cet imposant modèle est suivi de la version stéréo P-800, de 2  $\times$  400 W/8  $\Omega$  lequel, dès sa sortie sur le marché japonais, a été couronné d'un succès immédiat, en particulier par tous ceux qui souhaitaient trouver un amplificateur très puissant et vraiment bien adapté aux charges de faible valeur (il peut fournir plus de 600 W sur 1  $\Omega$ ).

Du côté enceintes, la mode du haut-parleur plan et même des membranes à technologie nid d'abeille ne semble plus vraiment « à la mode ». La majorité des

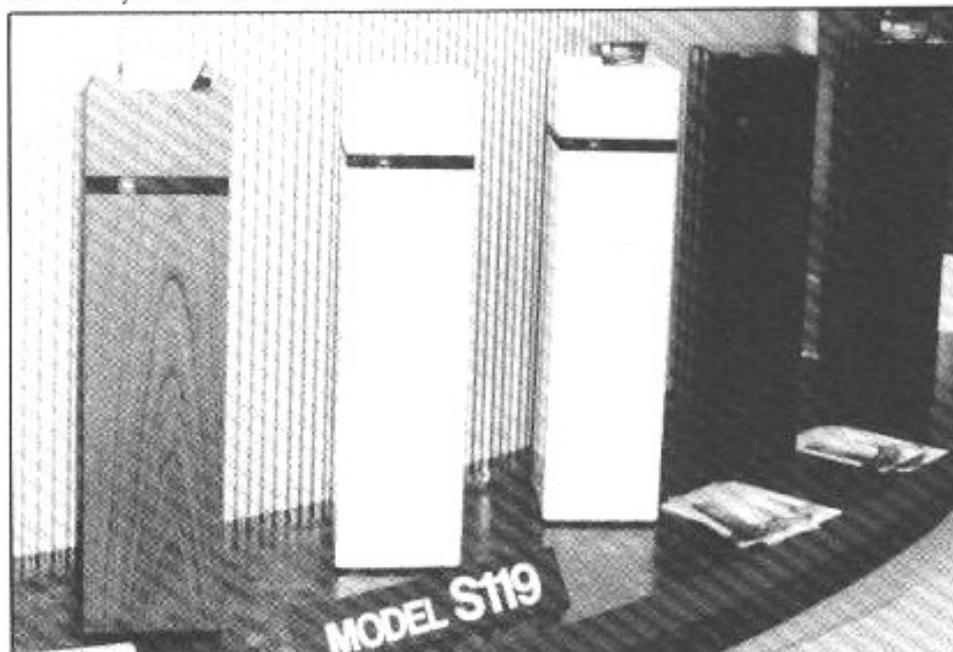
constructeurs reviennent aux membranes et aux dômes classiques mais avec des matériaux de plus en plus sophistiqués, le tout avec des méthodes de fabrication relevant de la haute technologie : bore, béryllium, fibre de carbone, traitement de surface au diamant ou à la céramique, des membranes qui ne peuvent ainsi être réalisées qu'à l'aide de machines spécialement conçues à cet effet, de prix parfois extrêmement élevé (très haute température, métallisation sous vide, etc.). Les coffrets d'enceintes, toujours impeccablement finis, font eux aussi l'objet de nombreuses recherches, la plupart assistées par ordinateur et destinées à éliminer les problèmes de vibrations parasites sans tomber pour autant sur des problèmes de poids, d'encombrement ou de prix.

Cette année, la mode est passée aux enceintes colonnes et il n'est pas impossible que celle-ci ait été déclenchée par la commercialisation de la JBL S 119 WX, une version dérivée de la série Aquarius proposée il y a près de 20 ans. Parmi un vaste choix d'enceintes colonnes, citons au passage la S-99 Twin de Pioneer ou la VS-900F de Mitsubishi/Diatone, sans parler des produits importés de même style, genre Mac Intosh, Duntech ou Polk Audio.

Signalons pour terminer que, parmi la forêt d'accessoires et de gadgets audio et vidéo, il existe de nouveaux modèles de boîtiers de télécommande extrêmement complets. Certains sont programmables (genre JVC RM-SR 777, d'autres faisant appel aux écrans à cristaux liquides tactiles, permettant de passer instantanément d'un clavier à un autre. Cette dernière solution a très certainement beaucoup d'avenir, tant pour les télécommandes que pour une application similaire sur les maillons audio et, en particulier, sur les tuners ou sur les lecteurs CD.



*M. Pastor, directeur des Editions Fréquences en compagnie de l'importateur des haut-parleurs américains Jensen.*



*Enceinte colonne JBL S 119.*

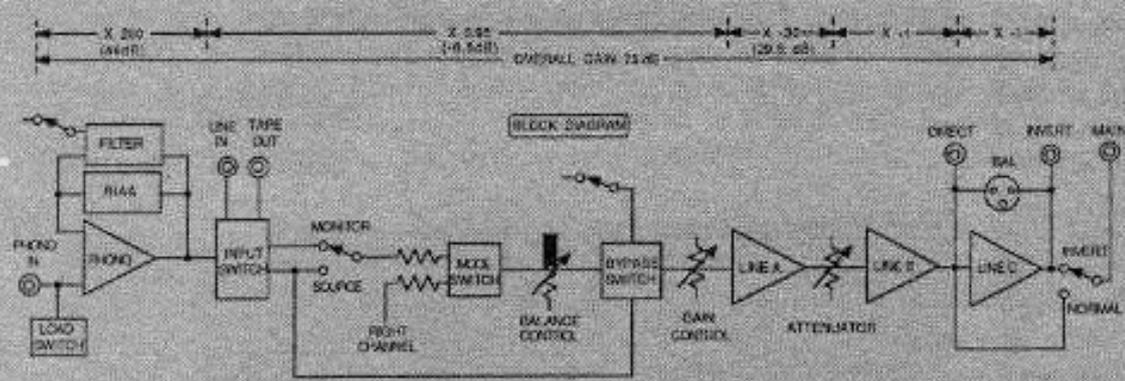


Fig. 1 : Schéma général du préamplificateur : l'étage RIAA de gain 46 dB est suivi par un jeu de commutations et commandes de gain, un amplificateur ligne de gain 29,5 dB et deux amplificateurs inverseurs de sortie. Le gain global en phono est de 75 dB.

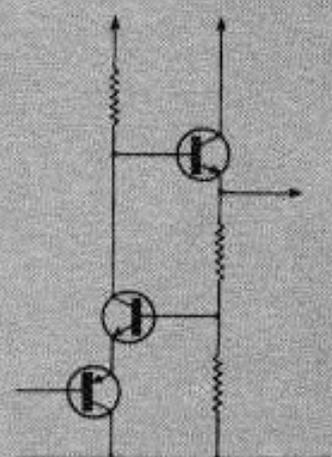


Fig. 2 : Structure de base qui est beaucoup utilisée dans le SP 15 : un différentiel composé de deux transistors complémentaires suivi d'un étage suiveur. En fait dans le SP 15, ce ne sont pas des bipolaires qui sont utilisés mais une savante combinaison de transistors à effet de champ.

Fig. 3 : Amplificateur inverseur et amplificateur de 29,5 dB (sans C). On retrouve la structure de la figure 2. Après l'effet de champ d'entrée, le différentiel et le suiveur utilisent chacun deux MOSFET.

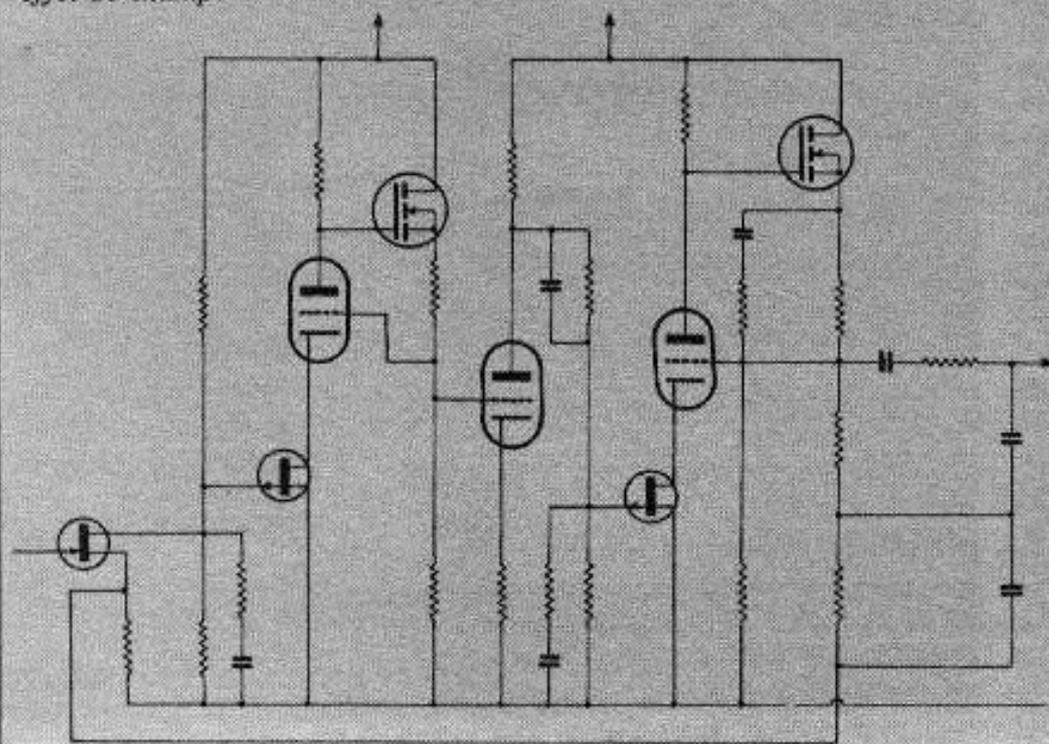
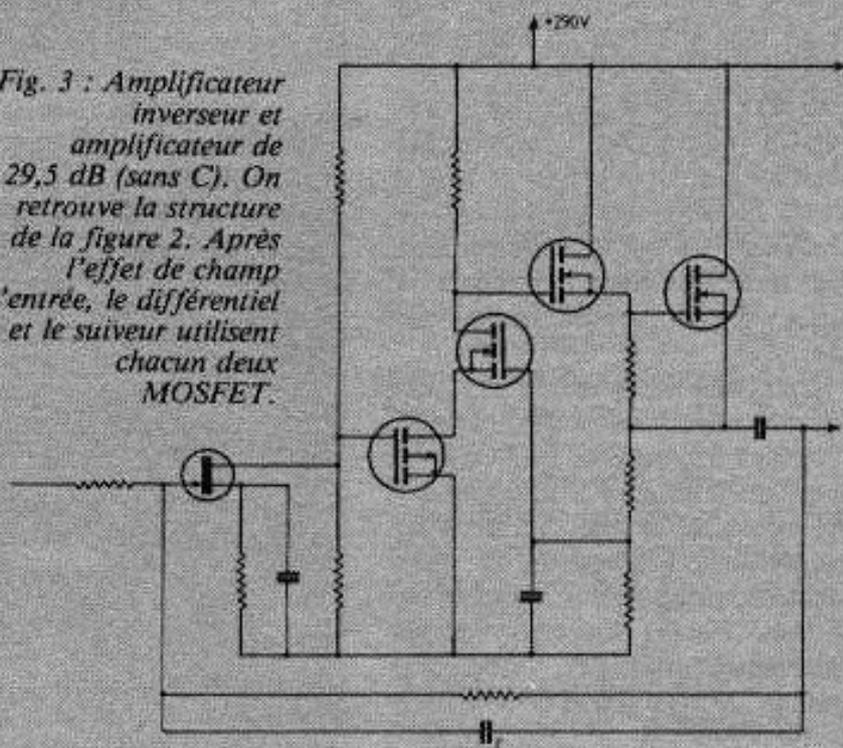


Fig. 4 : Amplificateur RIAA. Ici après l'effet de champ d'entrée, on retrouve la structure de base, le différentiel (effet de champ + triode), le suiveur (un MOSFET), suivie par un étage d'amplification (une triode) et de nouveau la structure de base différentiel + suiveur.

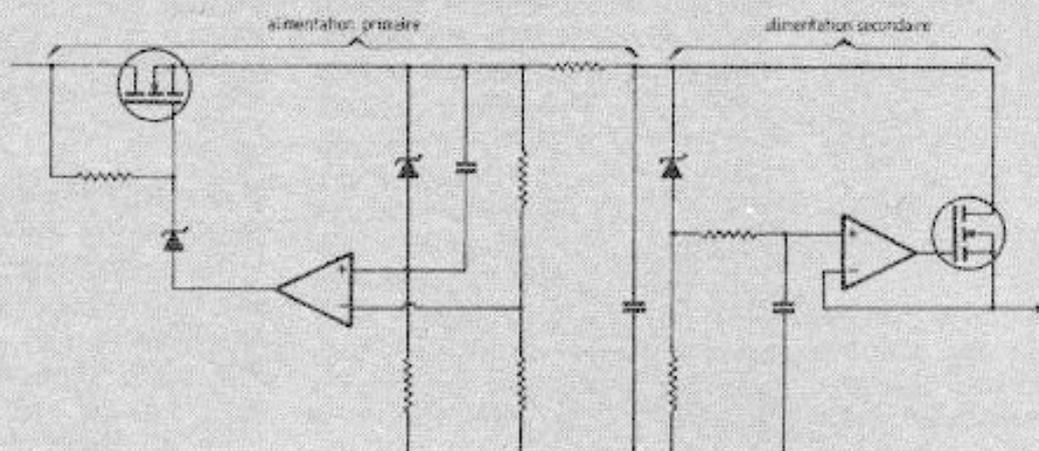


Fig. 5 : Principe de l'alimentation. L'alimentation primaire utilise un amplificateur opérationnel alimenté en flottant sur la sortie et un MOSFET. Elle permet de réduire l'influence du secteur. Les alimentations secondaires au nombre de trois (une seule alimentation représentée ici) utilisent en suiveur un amplificateur opérationnel et un MOSFET de sortie dans un montage multiplicateur de capacité.

## SPECIFICATIONS TECHNIQUES DU SP 15

### Réponse en fréquences :

Entrée haut niveau : 0,2 Hz à 100 kHz  $\pm 1$  dB (-3 dB à 200 kHz)  
 Entrée phono : RIAA :  $\pm 0,3$  dB de 20 Hz à 40 kHz  
 Déviation RIAA :  $\pm 1$  dB 1 Hz à 100 kHz

### Distorsion harmonique :

< 0,005 % pour 2 V en sortie

### Distorsion par intermodulation :

< 0,003 % pour 2 V en sortie

### Gain :

Entrée phono à sortie magnétophone 46 dB  
 Entrée phono à sortie principale 75 dB  
 Entrée haut niveau à sortie principale 29 dB

### Filtre :

6 dB par octave en dessous de 25 Hz

Entrées : PHONO, TUNER, C.D., VIDEO, SPARE, TAPE 1, TAPE 2

Sorties : TAPE 1, TAPE 2, MAIN 1, MAIN 2, DIRECT, INVERSE, SYMETRIQUE

Contrôles : gain, atténuateur, balance, mode, entrées, impédance

Commutateurs : Monitor, Copie, Magnéto 1/2, Magnéto 1 vers 2/2 vers 1, Muting, Phase

inverse, Bypass, Filtre

Impédances d'entrées : Phono ajustable en façade : 47 k, 100, 30, 10, 3  $\Omega$

Capacitance : 150 pF à 10 kHz

Haut niveau : 20 k $\Omega$  ou plus

Niveau maximum d'entrée sans distorsion : Phono : 350 mV RMS à 1 kHz, 1 200 mV à 10 kHz

Haut niveau : 25 V RMS

Impédance de sortie : 200  $\Omega$  principal, direct, inversé

Charges recommandées : 60 k, 100 k $\Omega$  et 100 pF (20 k $\Omega$  minimum, 1 000 pF maximum)

Niveau de sortie nominal : 2 V RMS de 1 Hz à 100 kHz sur entrées principales, directes, et inversées

Maximum : 80 V RMS de sortie à 0,20 % de distorsion

### Rapport signal/bruit (IHF pondéré, entrée court-circuitée) :

Sortie (gain minimum) : 110 dB

Entrée haut niveau : 110 dB pour 1 V à l'entrée

Phono : 76 dB pour 1 mV à l'entrée

### Dimensions (chaque châssis au standard rack EIA) :

(48 x 13,4 x 26 cm)

Poids : SP 15 : 6,4 kg / SP 15 PS : 6,8 kg

la voix de Jacques Brel nous est parue aussi juste, aussi bien placée et avec de telles mesures subtiles dans le phrasé. Il faut dire que les amplificateurs Classic 150 avec lesquels nous avons effectués les tests du SP 15 se sont révélés les compléments idéaux. Avec un tel ensemble on est aux confins du sublime. Le SP 15 réussit un véritable tour de force en associant les qualités subjectives souvent contradictoires : extrême dynamique avec des plans sonores qui s'étagent parfaitement, extrême-grave possédant une structure et un niveau exceptionnels avec un bas-médium d'une grande transparence et d'une grande limpidité, un médium à la richesse et à la structure harmonique respectées et sans effet de projection, un aigu très fluide mais possédant une extrême précision entre les informations.

Le SP 15 peut être considéré, à mon avis, comme le point de référence absolu en matière de préamplificateur. On est certainement aux limites des possibilités actuelles des deux technologies tubes et transistors.

---

#### Jean Hiraga

La technologie du tube appliquée aux matériels audio de haut de gamme serait peut-être tombée dans l'oubli définitif sans cette sorte de « miracle » que l'on a connu au début des années 70 sous la forme du SP-3 Audio Research. C'est très certainement la sortie de ce préamplificateur qui, accompagné de l'amplificateur Dual 75, réconforta tous ceux qui regrettaient la rapide disparition des Mac Intosh, Marantz, Harman Kardon, Dynaco, Scott, Sherwood, pour ne citer que quelques marques américaines. Le SP-3 a été un événement dans le monde de l'audio et a incité de nombreux constructeurs à se lancer dans la même voie, celle des perfection-

nements à n'en plus finir, des perfectionnements qui se sont toujours traduits par des améliorations de la fidélité de restitution sonore. Cependant, contrairement à la majorité de ses concurrents, Audio Research n'a jamais hésité à avoir recours aux circuits les plus sophistiqués, aux composants actifs ou passifs les plus onéreux sans jamais tenir compte du prix de revient, l'unique but souhaitant être atteint étant la « haute définition ». Il faut être américain, il faut être Audio Research pour faire d'aussi grandes « folies technologiques » que celles du M 300, du Classic 150 ou de cet extraordinaire SP 15. Une telle générosité paie, ce qui prouve que l'on peut laisser faire les vrais puristes en audio et que des postes du genre « expert-conseiller technico-économico-commercial » doivent être supprimés.

Jamais Audio Research n'a osé proposer un préamplificateur à un prix aussi élevé. On n'a encore jamais rencontré non plus parmi les préamplificateurs de cette marque de circuits aussi évolués. Jamais non plus nous n'avons écouté de préamplificateurs aussi bon, aussi parfait.

Jamais non plus Audio Research n'aurait vendu en si peu de temps autant de préamplificateurs à un prix aussi élevé et avec si peu de supports publicitaires.

On avait énormément apprécié les capacités dynamiques du SP-3. On avait parfois un peu moins aimé son grave un peu « physio ». Le constructeur, conscient de ce défaut et toujours soucieux de vouloir faire mieux passait ainsi à des versions modifiées, remodifiées, « rere-modifiées », faisant des progrès constants à chaque étape. Le SP 10 marquait un grand pas en avant sur les critères de transparence et de dynamique tout en étant une sorte de prélude aux futures technologies hybrides,

telle que celles que l'on allait trouver sur le SP 11.

Si l'on a l'occasion d'effectuer des comparaisons subjectives entre le SP 10, le SP 11 et le SP 15, on ne manquera pas d'être surpris de remarquer des personnalités sonores très proches se démarquant toujours de la concurrence par des capacités dynamiques très poussées, par une sensation de « matière sonore » de corps, donnant l'illusion du poids à des sons qui ne resteront toujours que des sons. Tout ce que l'on avait pu apprécier sur le SP 10, sur le SP 11 se retrouve sur le SP 15, mais en mieux et sans les petits reproches que l'on aurait pu leur faire.

Le petit miracle réside dans le fait qu'Audio Research ait pu réussir une pareille ressemblance sonore par rapport au SP 11 alors qu'il s'agit d'une version transistorisée (l'étage phono restant à tubes). Sur le critère de restitution dynamique, le SP 15 est à classer au sommet mondial.

Sur tous les autres critères subjectifs, la barre se place aussi très haut, ce qui revient à dire que, globalement, il est à classer en tête. Une petite critique à faire concerne celle du souffle résiduel qui apparaît lorsque le réglage de gain est en position 0, que l'on perçoit un peu trop lorsqu'on utilise des enceintes à haut rendement. De même, le degré de transparence sonore a donné l'impression de varier selon la position de cet atténuateur, la position -12 dB étant la meilleure. Mêmes qualités, même équilibre tonal, même transparence sont conservés intégralement à partir de l'entrée phono, l'énorme réserve de gain rendant possible la liaison directe de la cellule à bobine mobile sur cette entrée et avec une charge de 100  $\Omega$ , 60  $\Omega$  ou 30  $\Omega$ .

A partir de certains enregistrements sur CD que nous connaissons très bien, la comparaison

CD direct (à travers ses sorties à niveau variable) avec le CD écouté à travers l'étage linéaire est toujours à l'avantage de la liaison direct lecteur CD/amplificateur sur le critère de définition, de restitution des micro-informations. Sur le SP 15 et à partir des entrées haut niveau, ces écarts sont inaudibles, mis à part le souffle résiduel qui, fort heureusement, n'est pratiquement plus audible lorsque l'atténuateur est placé sur les positions -12 ou -18 dB.

Les meilleurs résultats sont obtenus après une mise en route préalable d'une heure environ.

L'alimentation doit être éloignée du préamplificateur si l'on souhaite éviter tout risque de ronflement. A noter que le meilleur rapport signal n'est pas obtenu en reliant systématiquement la prise de terre du préamplificateur (alimentation du SP 15) ou des autres maillons. Le SP 15 n'a rien de capricieux à ce sujet mais si ce cas se produit il est souhaitable de commencer par les amplificateurs (prise de terre ou non, sens de branchement de la prise secteur) puis de continuer en reliant le préamplificateur, puis les autres sources de modulation.

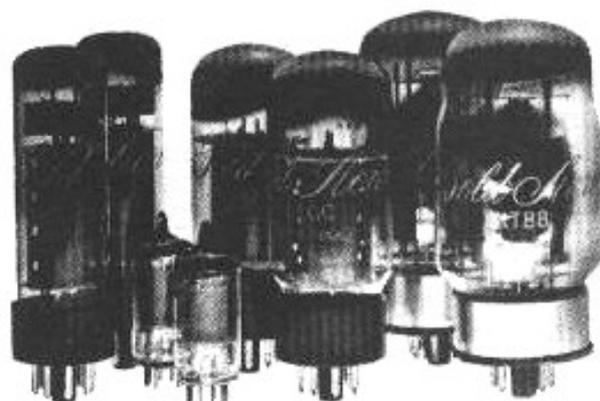
Un préamplificateur éblouit parfois par les résultats spectaculaires qu'il procure, ceci au point que l'on peut rester incapable de déceler le moindre défaut des heures durant. Les défauts, s'ils existent (ils existent presque toujours) finissent pas apparaître les jours suivants. Le SP 15 est le seul préamplificateur sur lequel le moindre défaut n'ait pu être décelé. On ne peut plus revenir aux préamplificateurs « traditionnels » en parlant de ceux de haut de gamme, les écarts de qualité ressenties devenant presque insupportables. Peut-on vraiment faire mieux ?

# ABONNEZ-VOUS A L'AUDIOPHILE

*Haute fidélité plus!*

## Gold Aero

**LA REFERENCE MONDIALE  
EN TUBES AUDIO**



Gold Aero fabrique des tubes dont les références couvrent tous les appareils à tubes existant du Dyna 70 aux supers préamplis hi-fi actuels.

Les tubes Gold Aero subissent 12 tests différents en laboratoire avant d'être livrés.

Équipez votre électronique de tubes Gold Aero et écoutez la différence.

Gold Aero  
TECHNOLOGY  
G R O U P

est distribué par

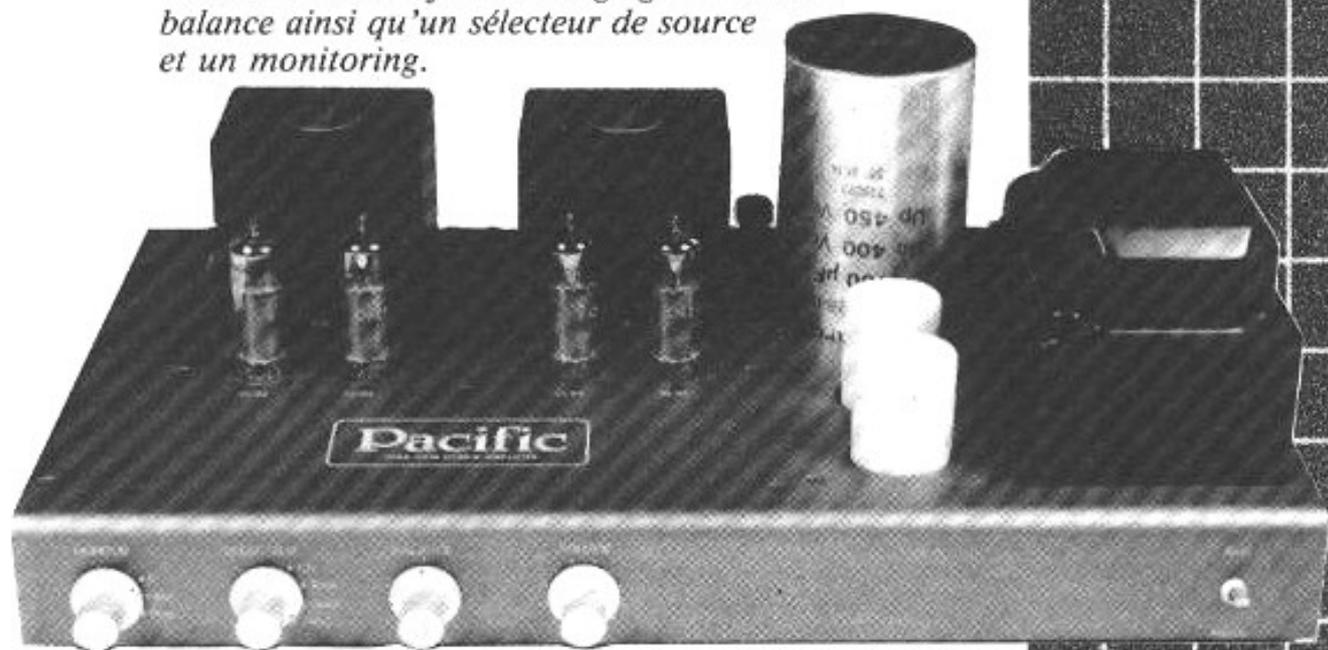


**Page non  
disponible**

# LE PACIFIC

## amplificateur hybride

**C**et amplificateur est original à plus d'un titre. Hybride, il utilise une technologie mixte transistors-tubes. Très simple puisqu'il n'est constitué que de deux étages, il possède toutefois un gain total important, sa sensibilité d'entrée est également élevée, ce qui autorise une attaque directe des sources haut niveau sans avoir recours à un préamplificateur. Pour cela, nous lui avons adjoint un réglage de volume-balance ainsi qu'un sélecteur de source et un monitoring.



Sa puissance de  $2 \times 16$  W lui permettra de s'adapter parfaitement à une grande variété d'enceintes de moyen ou de haut rendement. Cela avec des performances d'écoute de très haut niveau. Sa réalisation est d'une grande simplicité et ne nécessite pas de mise au point particulière.

Cet article vient compléter l'introduction de l'amplificateur Pacific qui a été publiée dans le n° 43 de L'Audiophile.

Cet amplificateur a subi en quelques mois plusieurs petites évolutions, notamment au niveau de son alimentation.

## Étage d'entrée

La version définitive s'apparente de très près à la version publiée à la page 12 du n° 43 de L'Audiophile. A noter que le schéma publié comportait une erreur, la gate (ou grille) du 2SK 170 BL inférieur n'étant pas reliée à l'entrée mais retombant à la masse à travers une résistance de 109  $\Omega$ .

Les transistors d'entrée sont des versions à effet de champ canal N portant la référence 2SK 240. Le 2SK 240 est une version double constitué de deux transistors (proches du 2SK 170) coiffés d'un petit capot métallique assurant un bon couplage thermique. Le 2SK 240, tout comme le 2SK 170 est fabriqué par Toshiba sous plusieurs lots répartissant ceux-ci dans des plages de  $I_{DSS}$  déterminées, soit :

Y = 1 à 3 mA

OR ou GR = 2,6 à 6,5 mA

BL = 6 à 12 mA

V = 10 à 20 mA.

Sur la version définitive, on remarquera la mise en parallèle des deux éléments du transistor à effet de champ 2SK 240. Les deux éléments étant parfaitement appariés, l'incidence sur la qualité sonore peut être considérée comme négligeable. Le modèle utilisé portait le suffixe GR, la valeur de son  $I_{DSS}$  étant de 2,9 mA. Cette valeur peut se vérifier facilement à l'aide d'une pile 9 V et d'un milliampèremètre placé en série entre le drain et le + de la pile, le - de cette dernière étant relié à la source et à la gate. On pourrait éventuellement remplacer ces deux éléments en parallèle par un seul, le 2SK 170, à condition de disposer d'une version portant le suffixe BL. La

tension de polarisation  $V_{GS}$  a été fixée à -0,1 V. C'est la valeur pour laquelle la capacité parasite d'entrée est la plus faible dans la configuration choisie.

L'étage cascode, composé du 2SK 240 GR et du 2SD 756 (ce transistor NPN d'origine Hitachi, réputé pour ses excellentes performances subjectives a déjà été utilisé sur l'étage driver du montage amplificateur baptisé « Le Monstre ») fonctionne avec un courant de repos de 4,4 mA, la tolérance acceptable pouvant être de +2,5 mA. La tension continue obtenue aux bornes de la résistance de charge doit être voisine de 50 V. Le montage étant de type cascode différentiel, il est important d'effectuer si possible un tri des transistors de façon à pouvoir utiliser des paires.

Le jeu des deux résistances formant un diviseur de tension assurant la polarisation correcte de la base des transistors 2SD 756 a été modifié, ses valeurs d'origine (108 k $\Omega$  et 2,64 k $\Omega$ ) passant à 2 k $\Omega$  et 82 k $\Omega$ .

Un des défauts que l'on pourrait reprocher aux montages cascodes est l'incidence des fluctuations de l'alimentation sur le circuit de polarisation, le phénomène de bouclage des causes et des effets produisant (en particulier sur des montages cascodes montés en série) une sensation de flou et d'instabilité de l'effet stéréophonique. Pour des raisons de simplicité on s'est contenté de découpler la résistance de 2 k $\Omega$  par un condensateur de 1 000  $\mu$ F. Vu que la tension aux bornes de cette résistance n'est que de l'ordre de 2 % de la tension totale admise à l'entrée du diviseur, le condensateur apporte une grande stabilité, ceci quelles que soient les conditions de fonctionnement. D'autres méthodes de polarisation de cet étage cascode auraient pu être envisagées, dont celle de Malcolm Hawksford (Journal de l'AES, avril 1988) ou bien encore

celle dérivée d'un circuit cascode croisé baptisé Crosscode, ces deux circuits permettant d'arriver au but recherché, ceci avec l'avantage d'un taux de distortion harmonique plus réduit. En effet, il passe respectivement d'une valeur moyenne de 0,6 % à 0,01 % et à 0,0001 %, l'inconvénient étant une plus grande complexité du circuit et l'utilisation de diodes zéners.

Dans la première partie de cet article, il avait été question de placer entre l'alimentation symétrique et le premier étage un circuit de régulation. Les meilleurs résultats ont été obtenus à partir de régulateurs « ballast » classiques, référencés par des diodes zéners de 86 V (43 V  $\times$  2) découplées par des condensateurs de 22  $\mu$ F. A noter que les diodes zéner ont certaines tolérances et qu'il est important de faire fonctionner le circuit à partir d'une alimentation bien symétrique.

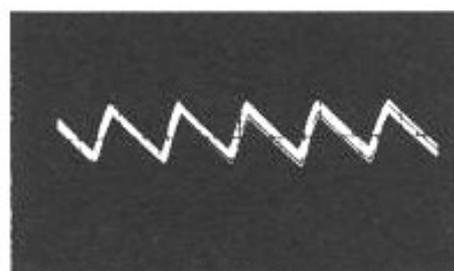


Fig. 1a : Résidu de filtrage de l'alimentation  $\pm 96$  V avant les régulateurs ballast. Echelle verticale 200 mV/div. L'épaisseur des dents de scie (résidus de redressement) est dû aux fluctuations de la tension secteur se retrouvant sur le signal redressé.

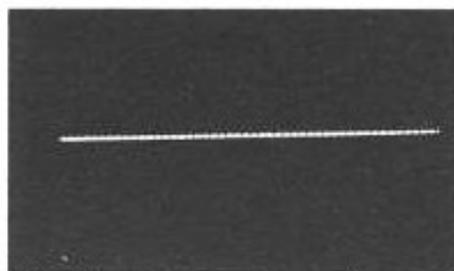


Fig. 1b : Résidu alternatif obtenu après passage à travers les régulateurs, l'amplificateur étant soumis à un signal carré de 1 kHz à pleine puissance. Echelle verticale 20 mV/div.





été réajustées de façon à obtenir un écrêtage symétrique pour une puissance de  $2 \times 16$  W sous  $8 \Omega$  et à 1 kHz. Le transformateur d'alimentation possède les caractéristiques suivantes :

Primaire 220 V (prises éventuelles à 210 V, 230 et 240 V).

Secondaire :

- 6,3 V 5 A
- $2 \times 260$  V 260 mA
- $2 \times 80$  V 30 mA

La self de filtrage utilisée est une version 5 H/300 mA, avec résistance en continu de l'enroulement de  $50 \Omega$ .

Le redressement en double alternance de la haute tension est assuré par des diodes du genre 1N 4007. Pour l'alimentation symétrique  $\pm 86$  V, on utilise un pont constitué de diodes suivi d'un filtrage par deux condensateurs de  $1\ 000 \mu\text{F}/100$  V.

Sur la version décrite dans cet article, le filtrage en pi de la haute tension redressée utilise un premier condensateur de  $47 \mu\text{F}/500$  V, la self de filtrage étant suivie d'un condensateur de très forte valeur, soit  $2\ 700 \mu\text{F}/400$  V-450 V. La présence de celui-ci améliore très sensiblement la qualité subjective (dynamique, sons graves soutenus, réponse transitoire, puissance subjective). On pourra, bien entendu se contenter sur une version « économique » de 100 ou de  $200 \mu\text{F}/500$  V. N'oublions surtout pas qu'un condensateur de valeur aussi élevée que  $2\ 700 \mu\text{F}/400$  V stocke une grande énergie capable d'être restituée instantanément. Les plus grandes précautions sont donc à prendre tant au niveau de sa qualité, de son branchement (bornes + et -) que lors des mesures, toute électrocution n'étant pas dangereuse mais létale. Renouvelons les conseils qui avaient déjà été données à l'occasion de la description de circuits du genre S.R.P.P. (voir les premiers numéros de L'Audiophile) :

— La haute tension peut subsister un certain temps après avoir débranché la prise secteur de l'amplificateur.

— Se munir de préférence de gants de caoutchouc lors des mesures.

— Effectuer les mesures de haute tension à l'aide d'une seule main, à l'aide d'une pointe de touche de longueur suffisante et parfaitement isolée.

— Éviter les court-circuits des condensateurs de filtrage.

— Ne pas oublier que lorsque les tubes de puissance sont retirés, la haute tension peut subsister très longtemps et que sa présence ou non doit être vérifiée avant toute manipulation.

La tension plaque réelle des tubes (tension cathode plaque) ne doit pas dépasser 310 à 315 V, le courant plaque au repos ne devant être supérieur à 42 mA. Au-delà de ces valeurs et selon l'origine des tubes peut apparaître un rougissement des plaques signalant que l'on dépasse la valeur de dissipation plaque

maximale fixée à 12 W. On pourra éventuellement utiliser la version 7189 A si l'on souhaite travailler sous une tension plaque un peu plus élevée (330 V environ) permettant d'obtenir 18 W en sortie. La version utilisée (EL 84, origine RTC, marquée ORTF) s'est toutefois révélée particulièrement satisfaisante.

## Transformateur de sortie

La qualité de celui-ci déterminera les performances subjectives et objectives de l'ensemble. Les caractéristiques du modèle utilisé sur le Pacific ont été décrites dans le précédent article. Rappelons seulement qu'il s'agit de la version japonaise CRD-8 de puissance nominale 20 W qui est équipé d'un enroulement primaire plaque à plaque de  $8 \text{ k}\Omega$ .

Le circuit étant très simple et la contre-réaction de faible taux, il est possible de remplacer le CRD-8 par un modèle de qualité

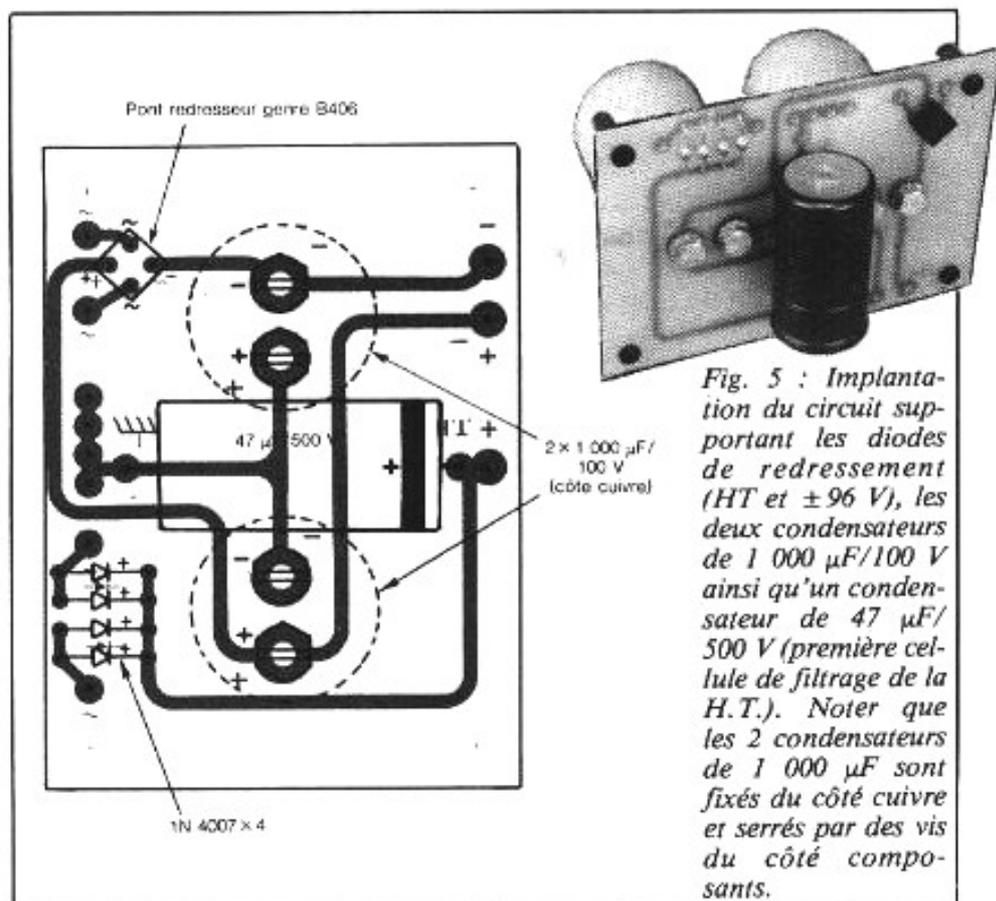


Fig. 5 : Implantation du circuit supportant les diodes de redressement (HT et  $\pm 96$  V), les deux condensateurs de  $1\ 000 \mu\text{F}/100$  V ainsi qu'un condensateur de  $47 \mu\text{F}/500$  V (première cellule de filtrage de la H.T.). Noter que les 2 condensateurs de  $1\ 000 \mu\text{F}$  sont fixés du côté cuivre et serrés par des vis du côté composants.

équivalente mais d'une autre origine, le primaire devant être de même valeur. Le montage en push-pull parallèle ne pose aucune difficulté. Il suffit d'ajouter sur le circuit imprimé une seconde rangée de tubes ayant chacun un circuit de polarisation automatique individuel, les autres électrodes devant être reliées de façon à former un push-pull parallèle. Le transformateur de sortie devra dans ce cas posséder un enroulement primaire de 4 à 4,5 k $\Omega$  plaque à plaque et une puissance nominale de 40 à 50 W. Sur l'alimentation, le secondaire H.T. devra être de 2 x 260 V (400 mA à 500 mA) et le secondaire filament de 6,3 V 10 A. Moyennant quoi il doit être possible d'obtenir une puissance de 35 W sur 8  $\Omega$ .

Le montage ne nécessite aucune mise au point délicate, ceci même au niveau du trimmer de 100  $\Omega$  qui doit rester en position centrale si le courant passant dans les charges de 12 k $\Omega$  est le même.

## Montage

Le montage est réalisé sur quatre circuits imprimés, en verre époxy simple face. Le circuit imprimé principal mesure 13,5 x 24 cm. Les supports des quatre tubes, des versions en stéatite pour circuit imprimé se soudent du côté pistes. Les avantages de ce mode de fixation sont les suivants :

- aération du câblage du côté composants,
- effet de blindage obtenu grâce au côté pistes placé face au châssis,
- composants apparents,
- circuit imprimé placé sous le châssis.

Ce circuit imprimé est fixé à l'aide de 5 entretoises de 10 mm de hauteur.

Une second circuit imprimé, de dimensions 4,5 x 18 cm simplifie le câblage en recevant :

- 6 paires de prises Cinch (pour circuit imprimé),
- 2 sélecteurs (3 circuits 4 posi-

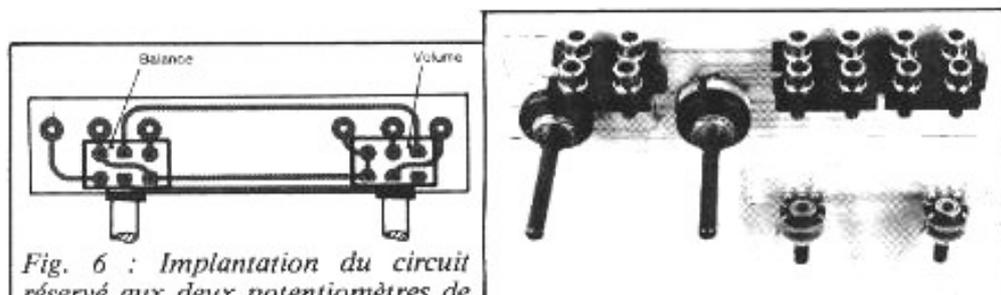


Fig. 6 : Implantation du circuit réservé aux deux potentiomètres de balance et de volume.

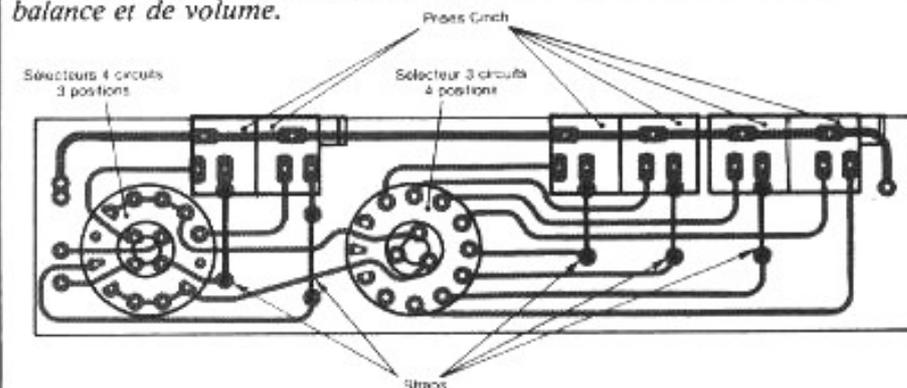


Fig. 7 : Implantation du circuit supportant les deux sélecteurs ainsi que les 6 paires de prises Cinch (pour circuit imprimé). Noter que le sélecteur de monitoring comporte 3 positions. La position 0 met hors circuit la sortie enregistrement (conseillée lorsque l'enregistrement de bande n'est pas mis en marche). La position REC permet l'enregistrement de la source sélectionnée. La position Monitor sert à la lecture de la bande enregistrée, celle-ci pouvant être comparée immédiatement avec la source lorsque l'on dispose d'un enregistreur/lecteur de bande équipé de trois têtes.

tions et 4 circuits 3 positions).

Les prises Cinch pour circuits imprimés sont d'origine japonaise SMK, les deux sélecteurs étant d'origine britannique Lorlin (ils se trouvent facilement chez les revendeurs de pièces détachées). Ce circuit imprimé prend place verticalement à l'arrière du châssis. Deux câbles blindés (genre Prefer MGK 18) ainsi qu'un fil de masse séparé relie celui-ci à un autre petit circuit imprimé supportant les deux potentiomètres de balance et de volume. Ces deux potentiomètres sont d'origine japonaise Noble. Ils ont été sélectionnés pour des raisons d'excellents rapports qualités subjectives/prix ainsi que pour leur excellente fiabilité. La commande de balance, avec repère mécanique central est composée de deux pistes comportant chacune deux demi-sections de 100 k $\Omega$  et deux demi-sections conductrices, de façon à éviter une perte d'insertion en position centrale. La commande de volume (2 x

100 k $\Omega$  log.) comporte des plots (11 positions, positionnements intermédiaires possibles). Ce petit circuit imprimé mesure 2 x 9 cm. Un quatrième et dernier circuit imprimé est consacré à l'alimentation. Sur celui-ci viennent se fixer les deux condensateurs de filtrage de 1 000  $\mu$ F/100 V (fixés du côté pistes, dépassant de 4,1 cm sur le dessus du châssis), 4 diodes de redressement 1N 4007 ainsi que le pont redresseur (genre B 40C) de l'alimentation  $\pm$  86 V. Ce circuit prend place entre le transformateur d'alimentation et le circuit imprimé principal. Les deux condensateurs de 1 000  $\mu$ F/100 V sont d'origine Rifa, de type « Elyt Long Life » PEM 169 PA4 100 Q.

Le condensateur de filtrage de 2 700  $\mu$ F/400-450 V est d'origine Sic Safco, de diamètre 76 mm et de hauteur 140 mm. Son collier de serrage est placé sous le châssis. Les connexions sur celui-ci s'effectuent à l'aide de cosses (au nombre de 5). Un condensateur

de  $0,47 \mu\text{F}/630 \text{ V}$ , d'origine Philips est placé aux bornes de ce condensateur.

Les écrans des 4 tubes EL 84 sont alimentés par une tension de  $300 \text{ V}$ , laquelle est obtenue à partir de la H.T. principale, après filtrage  $390 \Omega \text{ } 2 \text{ W}/47 \mu\text{F } 500 \text{ V}$ , ces composants étant placés près du condensateur de  $2\,700 \mu\text{F}$ .

Les commandes de monitoring, de sélection des entrées, de balance et de volume sont placées à gauche, sur la face avant du châssis. Ces quatre commandes sont espacées de  $55 \text{ mm}$ . La liaison mécanique entre les deux sélecteurs et les commandes situées sur la face avant s'effectuent par l'intermédiaire de deux prolongateurs d'axe de longueur  $22 \text{ cm}$  et de diamètre  $6 \text{ mm}$ . Ces prolongateurs passent environ  $11 \text{ mm}$  au-dessus du circuit imprimé principal.

## Châssis et câblage

Le châssis est réalisé en aluminium de  $2,5 \text{ mm}$  d'épaisseur. Ses dimensions sont de  $450 \text{ mm}$  (largeur),  $285 \text{ mm}$  (profondeur), la hauteur du châssis étant de  $50 \text{ mm}$ .

Le câblage est réalisé en fil extra-souple (genre Lify) de  $2,5 \text{ mm}$  de diamètre, en trois couleurs (rouge, bleu et noir). Toutes les masses partent du centre du circuit imprimé principal, la liaison au châssis s'effectuant près de la commande de volume, au niveau d'une entretoise de fixation du circuit imprimé principal.

Les liaisons à faire au niveau du circuit imprimé principal sont les suivantes :

- 6 masses
- Alimentation symétrique  $\pm 96 \text{ V}$  (soit  $\pm 86 \text{ V}$  après régulation)
- $6,3 \text{ V}$
- 2 écrans EL 84
- 2 plaques EL 84
- 2 résistances de  $15 \text{ k}\Omega$  (contre-réaction)
- 2 entrées

Les liaisons de haute tension et d'écran s'effectuent à partir des

condensateurs de  $2\,700 \mu\text{F}$  et  $47 \mu\text{F}$  (une liaison par canal).

A noter que les liaisons des plaques des EL 84 avec celles du transformateur CRD8 ( $P_1$  et  $P_2$ ) sont croisées et que sur chaque transformateur il faut relier  $B_1$  et  $B_2$  pour constituer le point milieu de l'enroulement primaire.

Les bornes de sortie H.P. sont reliées aux bornes  $0$  et  $8 \Omega$  des secondaires, les bornes  $16 \Omega$  étant reliées aux résistances de  $15 \text{ k}\Omega$  (les autres extrémités de celles-ci étant reliées aux entrées inverseuses du différentiel d'entrée).

L'enroulement de chauffage  $6,3 \text{ V}$  des EL 84 est référencé à la masse par l'intermédiaire de deux résistances de  $47 \Omega$ . On remarquera, sur le schéma théorique, la présence d'un condensateur de  $27 \text{ pF}$  placé en parallèle sur la résistance série d'entrée de  $1,2 \text{ k}\Omega$ . Celle-ci, facultative, a été ajustée de façon à obtenir la meilleure forme de signal carré à  $20 \text{ kHz}$ , correspondant à la plus grande linéarité niveau/fréquence pouvant être obtenue en associant le circuit amplificateur au transformateur de sortie Tango CRD-8. Dans le cas du remplacement du CRD-8 par une autre version, cette valeur sera à

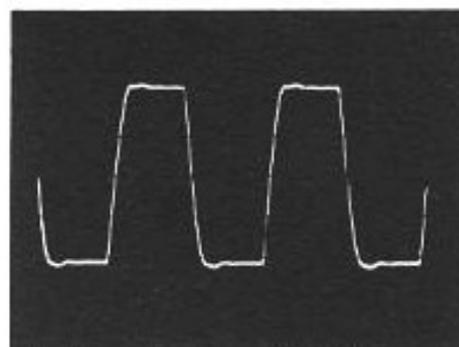


Fig. 8a : Signal carré à  $20 \text{ kHz}$ .

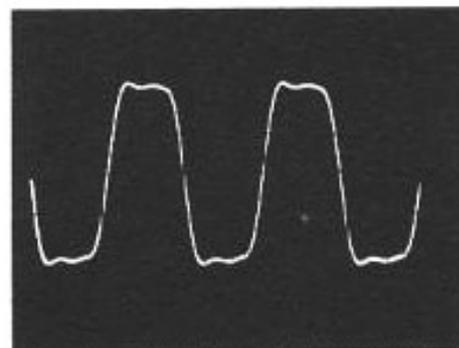


Fig. 8b : Signal carré à  $20 \text{ kHz}$  sur charge capacitive  $8 \Omega + 0,47 \mu\text{F}$ .

retoucher éventuellement, de même que les résistances d'arrêt, placées en entrée et en série avant les grilles des EL 84, les résistances de  $15 \text{ k}\Omega$  (contre-réaction) pouvant être découplées par un condensateur. Toutes ces valeurs ne peuvent être ajustées qu'à l'aide des mesures. Sur la version définitive, les résultats de mesure sont identiques à ceux qui ont été

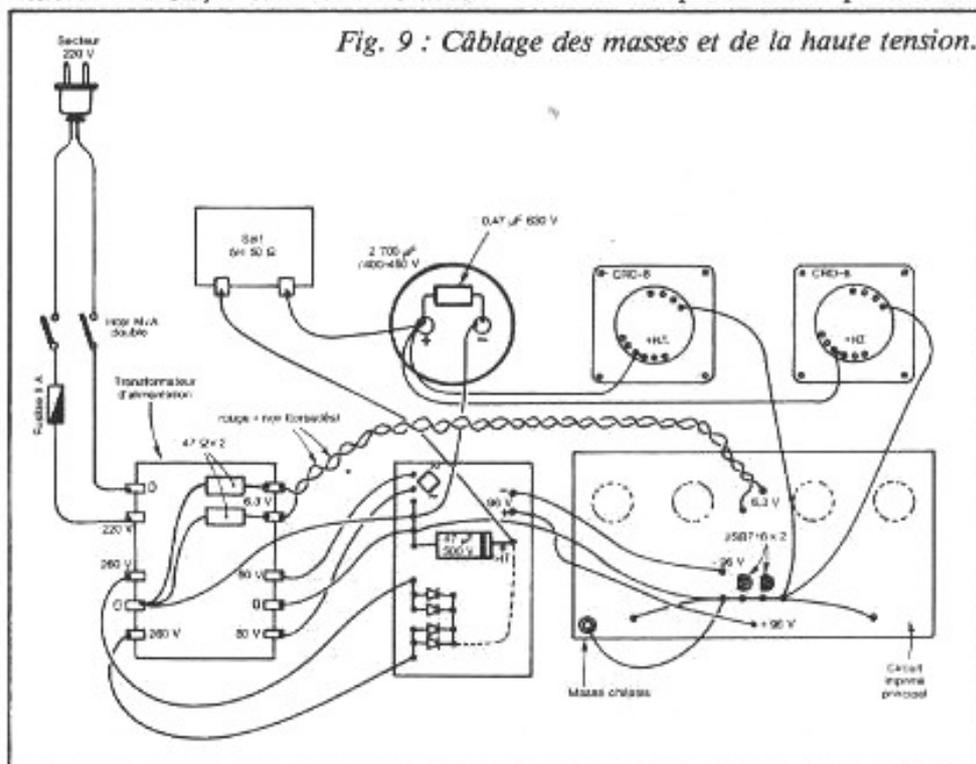
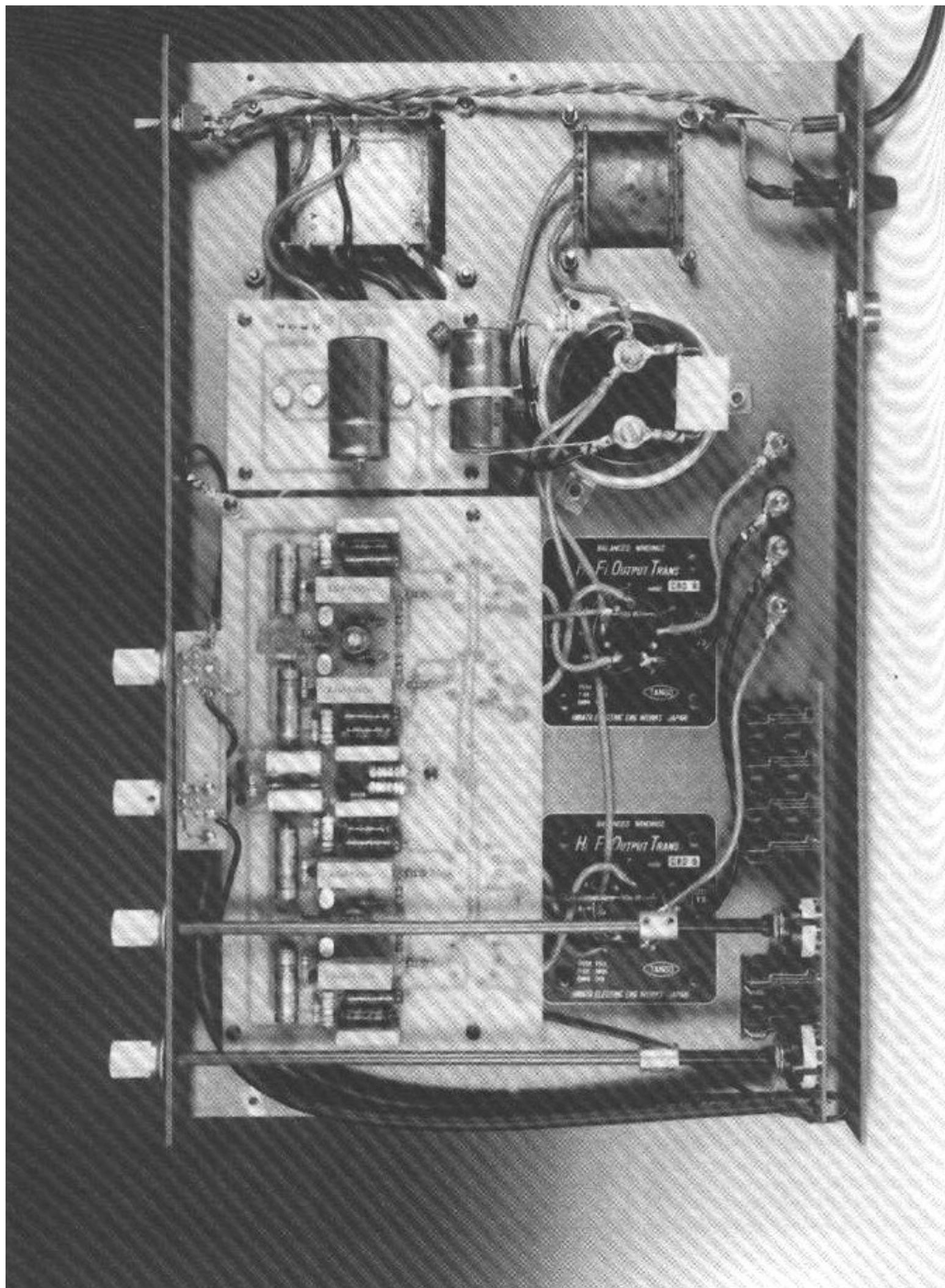


Fig. 9 : Câblage des masses et de la haute tension.



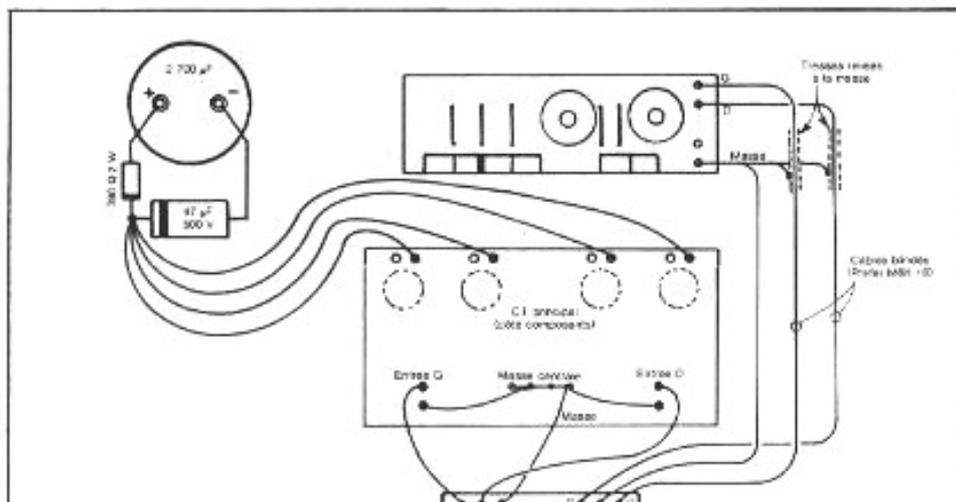


Fig. 10 : Câblage de l'alimentation des grilles écran des tubes EL 84 et câblage des circuits d'entrée.

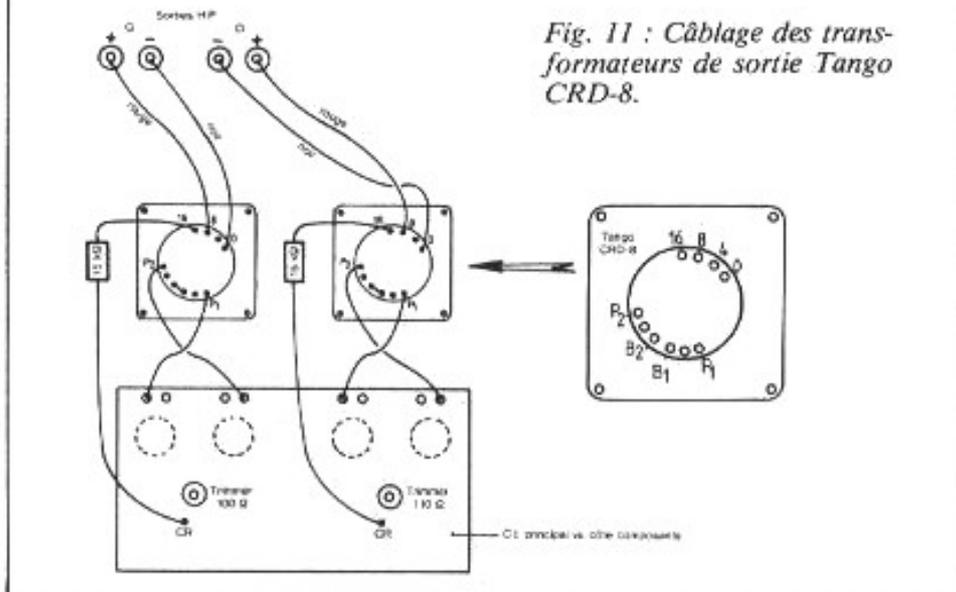


Fig. 11 : Câblage des transformateurs de sortie Tango CRD-8.

obtenus sur la première version et publiés dans le précédent article. La courbe de réponse niveau/fréquence obtenue à 1 W atteint celle permise par le transformateur de sortie, soit 10 Hz-60 Hz à -1 dB près, la puissance maximale obtenue à l'écrêtage étant de 16 W. Le point fort du Pacific est la quasi-stabilité du taux de distorsion et du spectre harmonique de celle-ci à 40 Hz, 1 kHz ou à 15 kHz. Le taux de distorsion décroît progressivement à toutes les fréquences lorsque la puissance de sortie diminue, ce qui sera avantageux à l'écoute.

## Ecoute

Le Pacific marque un pas en avant sur les critères de rapport signal/bruit et de pouvoir analytique. Les amplificateurs ayant une sensibilité d'entrée aussi grande que 200 mV sont très rares, le Pacific permettant de son côté d'obtenir un niveau sonore suffisant à partir d'enregistrements effectués à très faible niveau, tels que les premières plages du disque test Toshiba « The Pulse ». Sur la majorité des autres enregistrements sur compact-disc, un niveau d'écoute confortable a été

obtenu avec la commande de volume placée en début de course. Le gain élevé, la suppression de l'étage ligne du préamplificateur et la configuration ultra-simple à deux étages conduisent à une sensation de rapport signal/bruit très élevé permettant de découvrir des informations de faible niveau masquées normalement par le bruit (ou par le manque de définition de circuits plus complexes). Si, à titre de comparaison, le JH 50 n'est pas un amplificateur au son « tube » traditionnel, le Pacific ne pourrait s'apparenter ni au « Monstre » ni aux amplificateurs 20 W et 30 W classe A décrits dans les précédents numéros de L'Audiophile. Les plus belles qualités du Monstre (médium et aigu) se retrouvent sur le Pacific mais avec des capacités dynamiques nettement supérieures et avec un registre grave beaucoup plus ferme, plus expressif et nuancé. Neutre et équilibré, le Pacific est l'un des rares amplificateurs qui s'est avéré capable de transcrire sans dureté, sans adoucissement du médium et avec autant de naturel des enregistrements très complexes tels que des chœurs avec orchestre d'instruments anciens en fortissimi (Messie de Haendel, Oiseau-Lyre 400 086-2) ou bien encore la redoutable « Histoire du soldat » de Stravinski (Reference Recording RR 17 CD) sur lequel les crêtes de niveau ne sont que très rarement transcrites sans pointe de dureté, sauf sur de rares matériels d'exception de prix inabordable.

La réserve de puissance subjective du Pacific est impressionnante. Seule une écoute comparative permettrait de définir subjectivement le Pacific. Le point le plus surprenant de cet amplificateur est très certainement l'aisance, la facilité avec laquelle il peut accepter et transcrire n'importe quel type de message sonore, informations proches du silence comprises.

**Page non  
disponible**

# AGE SOIREE

## ... ET TENDANCES

**U**

*ne nouvelle fois,  
cette rubrique vient à vous, lecteur.*

*Parce qu'elle est le résultat d'un besoin largement ressenti et exprimé, et aussi parce qu'elle se veut le reflet de tout ce qui dynamise et participe à la recherche d'une plus grande vérité sonore. Ce qui n'empêche pas que de temps en temps on puisse également se faire plaisir. Témoin cette luxueuse limousine transformée par Alpine en véritable auditorium à quatre roues, une réalisation qui en étonnera plus d'un par son aboutissement et qui mérite amplement le label Audiophile. Une autre question abordée dans ces lignes sera celle des liaisons, autrement dit des câbles, et nous vous parlerons de deux nouveautés dont les prétentions s'affichent très haut : les câbles « L'Espace » et Isoda HA-20. Si l'on prend bien garde à la qualité des éléments qui composent un système, on oublie souvent le rôle prépondérant du dernier maillon de la chaîne, à savoir le local d'écoute. Les Phantom Acoustics Shadows apportent une solution efficace et élégante à un problème souvent laissé pour compte. Enfin, ceux qui ont largement investi dans le support disque compact se sont certainement déjà posé la question de leur entretien. Le nettoyeur Audio-Technica AT-6050 représente à l'heure actuelle et pour un investissement raisonnable la solution la plus raffinée et la mieux adaptée à cette fonction.*

*Un mot encore pour susciter le dialogue avec nos lecteurs autour de cette rubrique. Quels sont les accessoires qui vous intéressent, ceux dont vous rêvez ou que vous avez inventés ? Avez-vous des recettes d'utilisation ? Quelles sont vos expériences en la matière ?*

*Vos suggestions nous intéressent...*

*Vincent Cousin*

## L'équipement d'une Lincoln Continental MK VII vu par Alpine

La réalisation d'un système de haute volée dans un habitacle d'automobile est-elle possible ? Ou plus généralement peut-on parler de haute-fidélité pour un équipement auto-radio ? A toutes ces questions, on sera tenté de répondre dorénavant par l'affirmative, tant la démonstration d'Alpine en la matière est convaincante.



La Ford Lincoln Continental MK VII équipée par Alpine.

Le premier argument que l'on tentera d'opposer à une telle réalisation a trait au petit volume disponible. En fait, ce soit-disant inconvénient constituerait plutôt un avantage en ce sens que l'obtention d'une très forte pression sonore y devient très aisée avec une acoustique naturellement favorable grâce à la répartition harmonieuse de surfaces réverbérantes (vitres, tableau de bord) et absorbantes (sièges, moquette, etc.). Sans parler des nombreuses cavités résonantes disponibles. Rien d'étonnant donc à ce que cet environnement privilégié donne lieu aux créations les plus surprenantes.

Tout d'abord, le cadre du système qui nous intéresse. Une Ford Lincoln Continental Mark VII équipée d'un V8 de 5 000 cm<sup>3</sup> développant une puissance de 225 CV à 4 000 trs/mn et pourvu d'une énorme batterie de 90 Ah. Pas question toutefois de faire fonctionner l'installation sans mettre en marche le

moteur sous peine de vider la batterie en moins de temps qu'il n'en faut pour le dire. L'intérieur est des plus luxueux : sellerie cuir, sièges inclinables en tous sens par commande électrique, insonorisation impeccable... Bref, le cadre idéal pour accueillir un système ultra-performant.

Pour mieux comprendre la teneur de celui-ci, suivons le schéma synoptique (figure 1). Tout commence par la source, en l'occurrence un combiné lecteur de CD/tuner de référence 7902 F. La platine CD bénéficie d'un dispositif amortisseur à base de silicones et d'un procédé de chargement du disque assisté par un petit moteur. Le tuner à synthétiseur PLL reçoit les petites ondes et la modulation de fréquence en stéréo et dispose de 18 mémoires. Un préampli de haute qualité équipe ce combiné et permet notamment le réglage de l'équilibre entre canaux avant/arrière (fader).

A ce niveau, on attaque une paire de filtres actifs stéréophoniques 3654, un pour l'avant, l'autre pour l'arrière. On passe alors en quatre voies dont une réservée au sous-grave. Un mot sur ce filtre pour montrer la souplesse qu'il procure. Tout d'abord le 3654 est configurable

en 2, 3 ou 4 voies avec toutes les possibilités de combinaisons que cela suppose, depuis le simple isolement des fréquences basses pour le subwoofer jusqu'aux quatre voies actives. Pour chaque bande, la fréquence charnière peut être choisie parmi trois disponibles : 50, 80 ou 120 Hz pour le grave, 600, 800 ou 1 200 Hz pour le médium et 3.2, 6.4 ou 9.6 kHz pour l'aigu avec une pente de 18 dB/octave. Le registre sous-grave peut être traité en monophonie ou en stéréophonie et la phase inversée sur les voies médium et sous-grave. Voilà donc de quoi répondre à pratiquement tous les cas de figures.

Chaque sortie de filtre attaque un amplificateur à 2 ou 4 canaux pourvu d'une alimentation de type PWM permettant l'obtention de puissances colossales (jusqu'à 2 x 250 W/4 Ω) avec une tension primaire de seulement 12 V. Au total, la puissance disponible s'élève à 1 660 W !

Cette énergie phénoménale sert à alimenter quelques 18 transducteurs répartis à l'intérieur du véhicule dont le diamètre varie entre 8 cm pour les tweeters 6010 et 37 cm pour les deux subwoofers 6015. Ceux-ci sont épaulés par deux 25 cm 6102



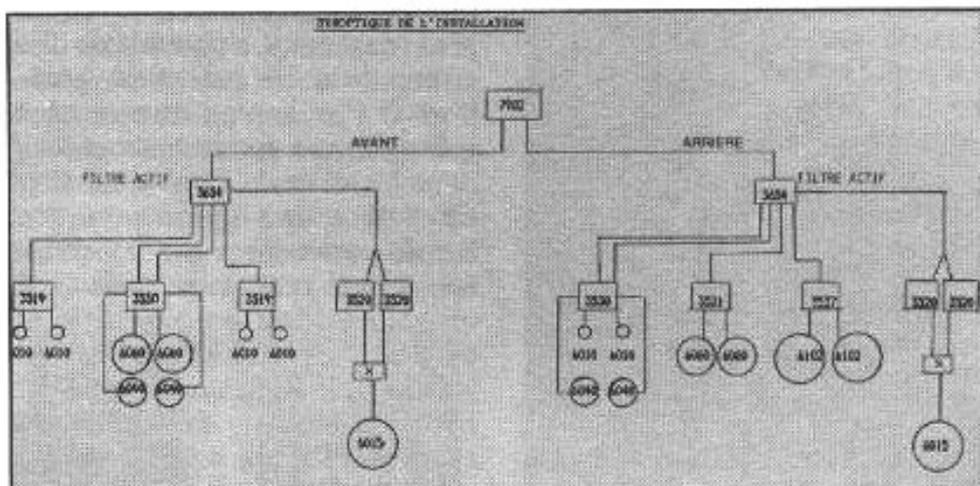
Le coffre est entièrement occupé par les subwoofers et l'électronique de puissance.

et relayés ensuite par un ensemble de 14 haut-parleurs idéalement répartis tout autour de l'habitacle.

Sur un plan pratique, ce qui étonne le plus est la remarquable intégration du système à l'environnement interne du véhicule. Une fois assis dans la voiture, on ne voit de l'installation que le combiné 7902 F dont les commandes suffisent à piloter l'ensemble de la chaîne. Tout le reste se fond discrètement avec la décoration qui ne souffre pas de ce surcroît d'éléments imprévus. Tout de même, l'imposant volume du coffre est sacrifié afin d'y loger les quatre subwoofers et la quasi totalité de l'électronique de puissance. A cet effet, il est soigneusement cloisonné pour former un très performant caisson de graves. Pour les bagages, il faudra se rabattre sur la banquette arrière !

Inutile de préciser que la mise au point d'un tel système a dû donner quelques bonnes migraines à ceux qui en ont eu la charge. Quoi qu'il en soit, cette peine est récompensée au-dessus de toutes les espérances. Rarement on atteint un tel pouvoir de définition et d'analyse sur un système domestique. Mais surtout, ce qui laisse pantois, c'est l'incroyable niveau de pression acoustique que l'on peut atteindre sans effet de compression ni trace de distorsion ou de fatigue auditive. On baigne littéralement dans la musique et c'est tout le corps qui participe à l'écoute. Les basses sont ressenties physiquement au niveau des reins et l'on a l'impression que ce sont les 38 cm qui font avancer la voiture. A aucun moment on ne ressent la prépondérance de tel ou tel registre et la spatialisation en même temps que la transparence sont exceptionnelles.

Bien entendu la Lincoln équipée en Alpine constitue un exercice de style, un système réellement hors du commun et conçu comme un aboutissement et une



7902 : combiné lecteur CD-tuner-préampli

3654 : filtre actif 4 voies

Amplificateurs :

3519 : 2 x 45 W

3521 : 2 x 70 W

3530 : 4 x 60 W

3537 : 2 x 130 W

3520 : 150 W mono

X : boîtier déphaseur

Haut-parleurs

6015 : subwoofer 37 cm

6102 : subwoofer 25 cm

6060 : grave-médium 16 cm

6040 : médium 10 cm

6010 : tweeter 8 cm

Fig. 1 : Synoptique de l'installation Alpine - Ford Lincoln.

démonstration de savoir-faire. Mais elle apporte aussi la preuve tangible que la haute-fidélité automobile constitue désormais un domaine à explorer pour tout audiophile en quête d'absolu.

Après avoir sillonné les routes de France, le véhicule et son précieux contenu aborderont celles de l'Europe avant de regagner le Japon, sa terre d'origine.

Gageons qu'il fera de nombreux émules. D'autant qu'un système autoradio bien choisi au départ peut évoluer aisément jusqu'à atteindre, pourquoi pas, la sophistication de celui présenté ici. La très belle gamme Alpine offre toutes combinaisons pour y parvenir.

## Câble modulation

### « L'Espace »

L'industrie électronique et plus particulièrement celle des fusées et des satellites est un gros consommateur de câbles en tous genres. De plus, ce type d'applications requiert des caractéristiques très poussées et soumises à des exigences drastiques. De là à détourner un tel câble au profit d'applications haute-fidélité, la tentation est grande.

C'est le raisonnement que s'est

tenu M. Phan Kim de l'auditorium Hi-Fi Ha Phan Kim et qui nous permet de trouver désormais sur le marché un câble qui dépasse largement les spécifications requises pour l'audio. Le cahier des charges extrêmement rigoureux qui a permis de définir ce nouveau câble comportait de nombreux points parmi lesquels : insensibilité aux parasites extérieurs, résistance aux agressions mécaniques et électriques, encombrement réduit, caractéristiques électriques optimales sur une large bande passante...

Physiquement, « L'Espace » se présente sous la forme d'un câble gainé contenant deux petits câbles blindés monoconducteurs d'environ 3 mm de diamètre et dont la structure est la suivante :

— Ame rigide monobrin en acier spécial chemisé dont la composition n'a pas été dévoilée (apparemment, il s'agit de cuivre argenté).

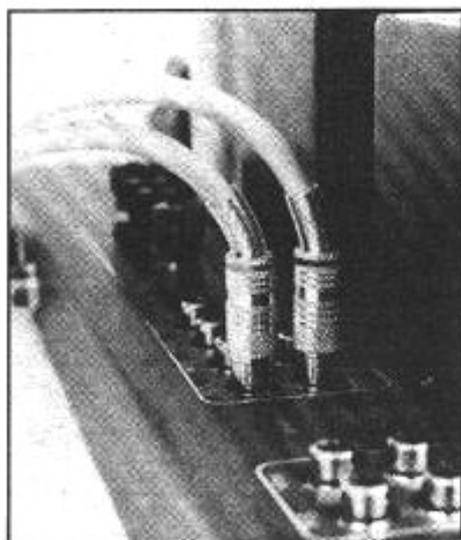
— Diélectrique en polythène plein.

— Tresse de blindage en cuivre rouge.

— Gaine extérieure pour chaque conducteur en PVC.

— Capacité < 100 pF/m.

De plus, « L'Espace » bénéficie d'un traitement spécial



Le câble audio « L'Espace », une voie royale pour le transport de la modulation.

« anti-signal » opérant une réduction du bruit résiduel d'au moins 35 dB entre 100 Hz et 30 kHz, 25 dB au-delà.

Le branchement se fait en reliant ensemble la tresse et l'âme de chaque conducteur aussi bien pour le point chaud que pour le point froid. Cette conception totalement symétrique est un des points forts de ce câble. Il ne présente donc pas de sens de fonctionnement particulier et ses caractéristiques sont relativement insensibles à la longueur. « L'Espace » est vendu en différentes longueurs équipé au choix de fiches RCA Monitor PC ou WBT. D'autres configurations peuvent être étudiées sur simple demande.

A l'écoute, le câble audio « L'Espace » se remarque par sa clarté et son aération formidables. Le message sonore semble couler plus naturellement avec un bas-médium entièrement dégraissé, un aigu filé et très nuancé, un grave rapide et tendu et un médium comme passé à la loupe. Nos essais ont concerné la liaison préampli-ampli et ensuite celle du lecteur CD au préampli. Les plus grands résultats sont obtenus dans le premier cas. Tout se passe comme si l'on augmentait d'un coup le rapport signal/bruit. Les sons semblent être débarrassés d'un voile, les

timbres plus justes, les attaques plus franches. Le pouvoir de discrimination est nettement amélioré et l'on entend de multiples informations autrement perdues dans l'ambiance. Selon les cas, on notera une légère perte de corps, notamment sur les systèmes à haut rendement mais avec un gain évident en ouverture et en précision de l'image. Sur de petits systèmes inférieurs en définition, le bénéfice de l'emploi du câble « L'Espace » est si évident que nous ne pouvons que largement conseiller son usage.

Un bel exemple de détournement d'un produit industriel au profit de la reproduction sonore.

## Câble haut-parleur Isoda HA-20

Le problème principal que pose l'évaluation d'un câble est le manque de signification de toute mesure physique quant à la musicalité de ce dernier. Fort de cette constatation, les constructeurs se livrent donc à toutes formes d'expérimentations successives et proposent un certain nombre de théories pour expliquer les phénomènes rencontrés. M. Isoda est reconnu dans le monde entier pour ses travaux et son expérience en ce domaine.

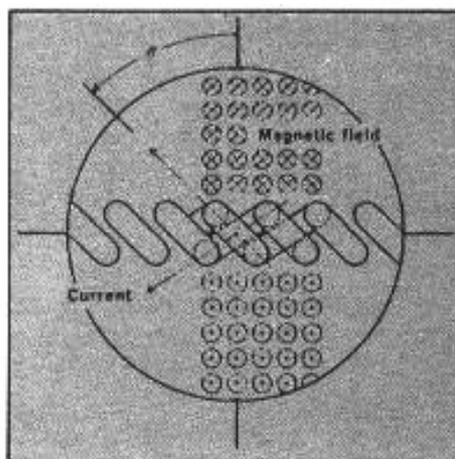


Fig. 2 : Structure du câble Isoda HA-20. Le courant se déplace en formant un angle de 45° avec le champ magnétique.

La nouvelle génération de câbles « LUW » (Lorentz Unit

Wire) dont le HA-20 est le précurseur s'appuie sur le phénomène du champ magnétique engendré par tout conducteur traversé par un courant. Ce champ et ce courant produisent une force dont l'expression est :

$$F = I l B \sin \theta$$

Ce phénomène a pour effet de provoquer une certaine compression de la dynamique et d'apporter de la distorsion aux fréquences supérieures. L'idée de M. Isoda est de diminuer l'influence de cette force en réduisant l'angle  $\theta$  à 45° au lieu de 90° (cas d'un conducteur unique). Pratiquement le procédé consiste à torsader les conducteurs deux à deux en respectant cet angle. On diminue ainsi le phénomène de près de 30 %.

Le HA-20 se présente donc comme un ensemble de 40 fils torsadés deux à deux (fig. 2), 14 en aluminium, 12 en laiton, 14 en cuivre rouge, un panachage de métaux désormais traditionnel chez Isoda.

Le diamètre total de ces torsades atteint 2 mm alors que la section du fil est de 6 mm isolant compris. La résistance en continu du HA-20 est de 0,030  $\Omega$ /m et de 0,033  $\Omega$ /m à 1 kHz.

L'écoute du HA-20 surprend par son aération et son délié. Le contour des notes est extrêmement net et les attaques franches et d'une évidente propreté. De manière assez étonnante, on retrouve le même type de caractère constaté sur le câble modulation « L'Espace ». Une grande beauté des sons et un respect total de l'image et de la profondeur. On regrettera à la limite un léger manque de corps dans le grave, mais ce son à la fois doux et nerveux enchantera ceux qui recherchent davantage de définition et de précision dans la transcription. Le HA-20 fait merveille sur les messages complexes où il ne donne pas l'impression de confusion mais semble au contraire toujours dominer la situa-

tion avec beaucoup de sang-froid et d'aisance. Un bon point à associer au prix très raisonnable de cet excellent câble.

## Les Shadows de Phantom Acoustics

S'il est un maillon trop souvent négligé par l'audiophile en quête de vérité sonore, c'est bien celui que constitue le local d'écoute dont on ne soulignera jamais assez l'importance et le rôle. Que dire en effet de la plus belle chaîne du monde placée dans une acoustique déplorable ?

Des mathématiciens et des acousticiens tels Sabine, Eyring, Millington ou plus récemment Pujolle ont donné un certain nombre de modèles mathématiques permettant d'analyser et de solutionner les principaux problèmes se faisant jour en acoustique architecturale : calcul du temps de réverbération, détermination des modes propres d'une salle, isolation par voie aérienne, etc.

Un des problèmes les plus couramment rencontrés en écoute domestique a trait aux fréquences excitées dans la bande 20-200 Hz et qui sont directement fonction des dimensions du local. Aux fréquences graves, dont la longueur d'onde varie entre 17 m (20 Hz) et 1,7 m (200 Hz), les procédés de traitement acoustique conventionnels (laine de verre, mousse synthétique, molleton, etc.) sont pratiquement sans effet, l'action de ces matériaux se faisant uniquement sentir dans le médium et l'aigu. On se retrouve donc confronté à un certain nombre de fréquences venant à exciter la pièce et gênant l'intelligibilité par effet de masque. La formule de Rayleigh permet de déterminer ces modes propres par un simple calcul :

$$f = \frac{C}{2} \sqrt{\left(\frac{x}{L}\right)^2 + \left(\frac{y}{l}\right)^2 + \left(\frac{z}{h}\right)^2}$$

avec :

f : fréquence de résonance  
 C : célérité du son dans l'air = 340 m/s  
 L : longueur  
 l : largeur  
 h : hauteur  
 x, y, z : entiers naturels. En pratique, on permutera les valeurs 0, 1 et 2.



La colonne Phantom Acoustics Shadow.

On détermine ainsi la zone où se concentrent les fréquences les plus gênantes. Noter que la forme cubique est de loin la plus défavorable (3 fréquences identiques). Les solutions passives pour absorber les graves existent (résonateurs à membrane notamment) mais sont d'une mise en œuvre délicate par

l'amateur. De plus on constate statistiquement que cette énergie a tendance à se masser dans les encoignures de la pièce (nœuds de pression). C'est là qu'intervient le système Phantom Acoustics Shadow qui se définit comme un « piège actif pour fréquences graves ». Nelson Pass, le père des électroniques Threshold en est le concepteur.

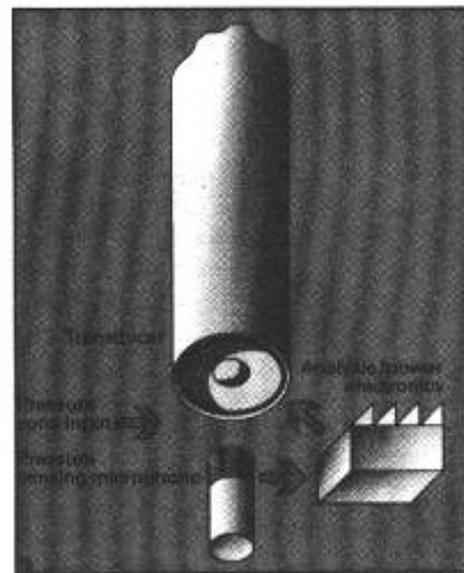


Fig. 3 : Vue schématique du système Shadow procurant une diminution de la pression dans les basses fréquences.

Les Shadows se présentent sous la forme de deux colonnes cylindriques d'un diamètre de 24 cm et de 2,10 m de hauteur. Des verrins permettent d'adapter finement celle-ci en fonction du mobilier environnant. La finition en tissu grège les rend assez discrètes malgré leur hauteur conséquente. Etant donné leur principe actif, chaque colonne possède une alimentation secteur dans un boîtier séparé. La mise en œuvre se limite à mettre l'appareil sous tension. La colonne Shadow est un système entièrement autonome et rebouclé sur lui-même. Deux haut-parleurs sont disposés à la base et au sommet de la colonne. Un micro de très haute qualité (à condensateur) capte les différences de pression dans la zone 20-

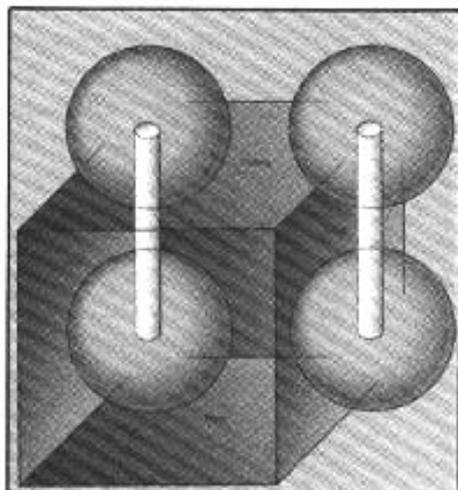


Fig. 4 : Action des Shadows placées dans un local d'écoute quelconque. Les sphères schématisent la zone d'influence du système.

200 Hz. L'électronique de commande réinjecte un signal en opposition de phase sur les haut-parleurs avec pour conséquence une diminution sensible de la pression résultante, voire une annulation des fréquences masquantes, d'où l'analogie avec un trou noir (fig. 3). On placera les colonnes de préférence dans les coins opposés aux enceintes mais les Shadows pourront être également positionnés directement derrière les enceintes, surtout si celles-ci sont de type panneau (fig. 4). On corrige ainsi sensiblement le rendu des fréquences graves par diminution du court-circuit acoustique dû au fonctionnement en doublet de ces haut-parleurs. Quoi qu'il en soit, la meilleure place pour les Shadows sera déterminée à l'oreille, la seule règle en la matière étant que le système délivre sa pleine efficacité lorsqu'il est placé en encoignure (pression maximale).

Nous avons testé les Phantom Acoustics Shadows au sein de deux salles à l'acoustique différente ; la première, un vaste local de près de 50 m<sup>2</sup> présentant un certain nombre de résonances autour de 200 Hz, la seconde assez proche d'un salon d'écoute domestique courant. Dans le

premier cas, nous avons noté un certain dégraissement et une meilleure intelligibilité du message sonore. L'écoute se caractérisait par une absence de traînage et un côté plus aéré avec une image gagnant en stabilité. Les sources sonores étaient plus facilement localisables dans l'espace et globalement le message nous est apparu plus clair et plus limpide. Néanmoins, le résultat ne nous paraissait tout de même pas proportionnel à la dépense.

L'essai dans un salon d'écoute de taille « normale » nous a persuadé de l'efficacité du système Shadow. On constate une influence sur le signal identique au premier cas, mais l'impression ressentie nécessite d'être affectée d'un coefficient multiplicateur d'au moins 10. Dans ce contexte, la mise hors tension des Shadows provoque une sensation de gêne liée à une plus grande fatigue auditive. Le suivi de la mélodie nécessite une plus grande attention de la part de l'auditeur étant donné la présence de fréquences masquantes autrement gommées par les Shadows.

Il est donc indubitable que les Shadows exercent une influence positive sur la reproduction sonore en environnement domestique. L'acquisition d'un tel système se justifiera pleinement dès lors qu'il viendra compléter un ensemble de maillons à très haute définition dont l'investissement soit en rapport. En tout cas une très belle démonstration de savoir-faire.

## Le nettoyeur de CD Audio-Technica AT-6050

Les (nombreux) audiophiles qui ont sauté le pas du disque compact ont certainement déjà remarqué que ce support était tout aussi sensible que son homologue vinyl à toute une somme d'agressions extérieures parmi lesquelles il faut citer les

habituelles traces de doigts, rayures, taches, etc. Fort heureusement, le système de correction d'erreurs du lecteur supplée pour une large part à ces défauts. Mais dans une certaine mesure seulement et certainement pas sans faire subir au message de multiples bien que subtiles dégradations. Les travaux récents des constructeurs japonais ont d'ailleurs mis largement ce phénomène en évidence et actuellement les développements concernent surtout les circuits chargés de restaurer le signal numérique dans toute son intégrité.

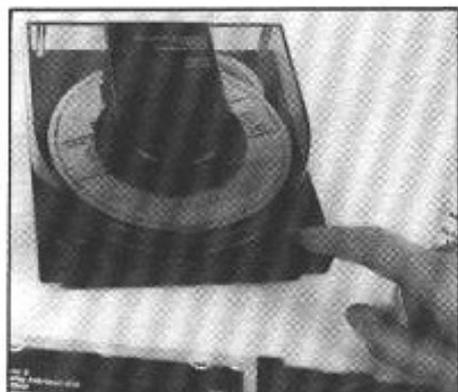


Le nettoyeur Audio-Technica AT 6050 est d'un maniement ultra-simple. Premièrement, déposer quelques gouttes de liquide sur la brosse rotative interne.



Deuxièmement, placer le disque sur l'axe étiquette au-dessus.

Il est tout de même possible d'alléger partiellement la tâche des circuits chargés de la mise en forme du signal. Comment ? Simplement en conservant ses



*Troisièmement, fermer le capot et appuyer sur la touche Power. Attendre 40 secondes et récupérer le disque propre et net.*

disques en parfait état de propreté. L'Audio-Technica AT 6050 a été intégralement conçu pour apporter ce soin nécessaire. Contrairement à la majorité des nettoyeurs du marché dont le maniement est entièrement manuel, l'AT 6050 bénéficie d'un entraînement électrique. L'appareil se présente comme un mini-lecteur de disques compacts avec son capot transparent et son palet-presseur. L'alimentation se

fera par quatre piles de 1,5 V ou un bloc secteur 6 V en option.

Un tampon doux préalablement imbibé d'un liquide de nettoyage à base d'alcool isopropyle vient s'appliquer sur la surface sensible du disque et entre en rotation en même temps que celui-ci. Dans un second temps, ce dernier est séché et lustré par une autre brosse style peau de chamois. Chaque opération est signalée par un petit voyant. Le tout dure moins de 40 secondes et le maniement en est réellement très simple.

Les compacts ainsi traités ressortent bien propres et légèrement brillants, preuve de l'efficacité de cet appareil. L'écoute se traduit par une impression de plus grande fluidité et apparaît plus nette, plus définie, en un mot plus... « propre ». Il n'y a quand même pas un monde (sauf si le disque est vraiment très sale) mais il paraît évident qu'un disque dont la surface ne présente aucune souillure aura moins ten-

dance à solliciter les circuits de correction d'erreurs et aura donc un effet bénéfique sur la restitution d'ensemble. Un accessoire utile à un coût raisonnable pour qui veut faire fructifier l'investissement que représente une compactothèque.

## Liste de prix publics indicatifs

- Câble audio « L'Espace » : 260 F/m + prises.  
Distribution : Hi-Fi Ha Phan Kim 53, rue de Belleville 75019 Paris. Tél. 42.40.91.97.
- Isoda HA-20 : 118 F/m.  
Distribution : La Maison de L'Audiophile 14, rue de Belfort 75011 Paris. Tél. 43.79.12.68.
- Phantom Acoustics Shadows : 34 000 F la paire.  
Distribution : Concept France 1, rue Prosper Legouté 92160 Antony. Tél. 42.37.08.55.
- Audio-Technica AT-6050 : 450 F.

# LE MUSEE IMAGINAIRE

**L**

*e Quad 2 fait partie  
de ces amplificateurs dont le nom  
est lié à l'histoire de la haute-fidélité.*

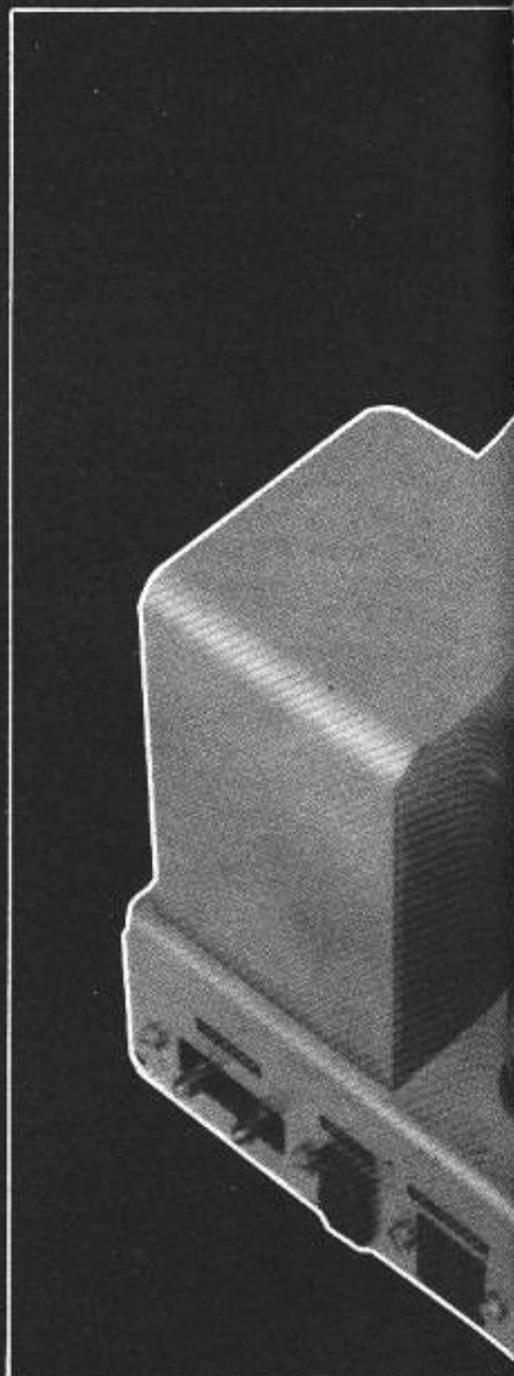
*C'est certainement le seul amplificateur au monde  
qui, fabriqué pendant 18 ans sans la moindre  
modification, s'est vendu à plus de 80 000  
exemplaires dans tous les  
pays du monde.*

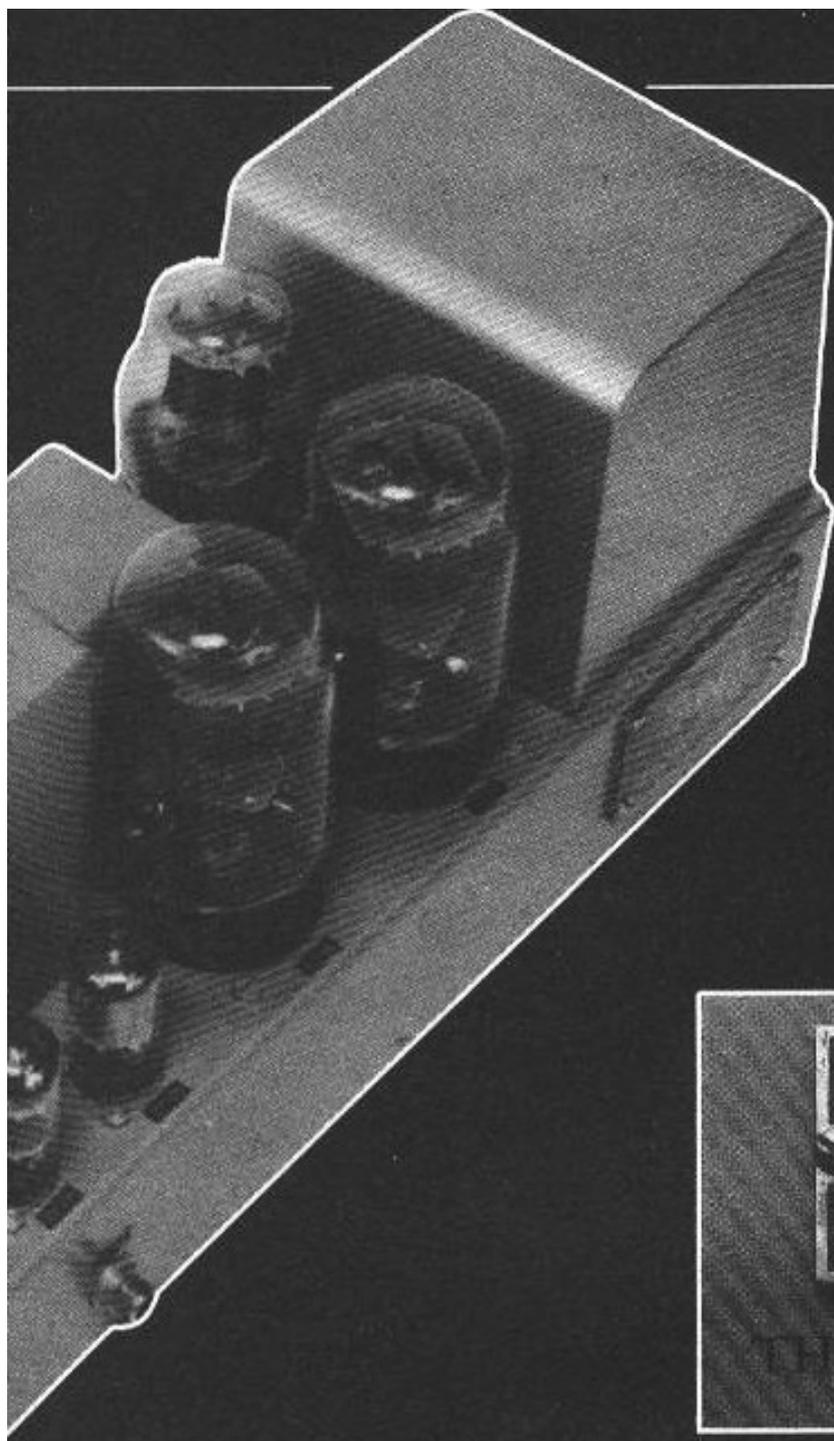
*Jean Hiraga*

Aujourd'hui encore, il semble difficile de concevoir un amplificateur à tubes aussi simple, aussi performant que le Quad II. C'est en 1936 que Peter Walker fonda la firme Acoustical Manufacturing dont les activités étaient principalement consacrées aux installations de sonorisation. Grand puriste en matière de reproduction sonore, Peter Walker délaissait peu à peu la sonorisation pour se consacrer de plus en plus aux enceintes acoustiques et aux amplifica-

teurs de « qualité ». Ce terme « Qualité » allait même devenir quelques années plus tard la devise de cette firme. En 1949, Acoustical commercialisait une enceinte d'encoignure à pavillon replié équipée d'un tweeter à ruban, le « Corner Ribbon Loudspeaker » ainsi qu'un amplificateur, le Q A 12 P, ancêtre du fameux Quad II. Signalons qu'à cette époque on ne connaissait pas encore d'amplificateurs qui, sous forme commercialisée, était à la hau-

teur du célèbre « Williamson » dont le circuit avait été publié pour la première fois en 1947 dans la revue anglaise Wireless World. Or, l'ingénieur D.T.N. Williamson faisait justement partie de cette brillante équipe d'ingénieurs dont avait su s'entourer Peter Walker. Mais ce dernier n'allait pas pour autant se contenter de commercialiser une copie conforme du circuit Williamson, qui semblait être lui-même inspiré du circuit de R.M. Michell (un amplificateur





dont le circuit avait été publié un an plus tôt dans la revue américaine *Audio Engineering*). C'est en 1951 que le « Quad » commençait à prendre forme. De la version QA 12 P (QA signifiant Quality Amplifier) avec préamplificateur intégré, on aboutissait à une version plus élaborée avec préamplificateur séparé portant la référence Quad (Quality Unit Amplifier for Domestic use, Amplificateur de Qualité pour usage Domestique). Le circuit de base de l'amplificateur

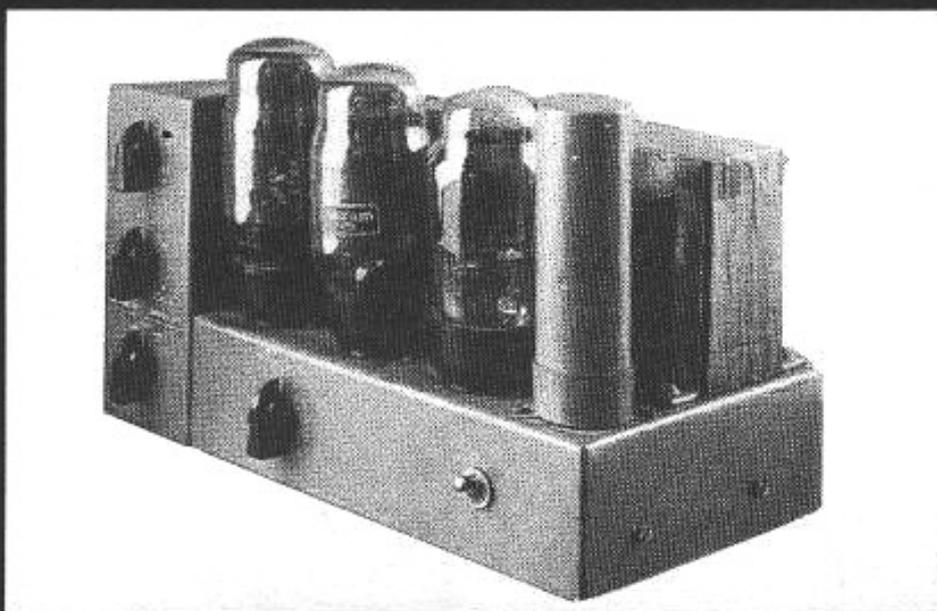
était pratiquement identique à celui du Quad II à quelques détails près. Les tubes d'entrée n'étaient pas des EF 86 mais des EF 37, les transformateurs n'étaient pas recouverts de capots et le condensateur de filtrage était de type électrolytique.

C'est en 1953 que le vrai Quad II était mis sur le marché sous une esthétique plus recherchée, avec un circuit revu et corrigé. Il était précédé d'un préamplificateur, lui aussi revu et corrigé, le QC II.

## Le circuit

Comme énoncé plus haut, il semble en effet difficile d'imaginer un circuit plus simple que celui du Quad II. 4 tubes, dont deux KT 66 travaillant en pure classe A, 12 résistances et 6 condensateurs suffisent pour réaliser ce montage qui a été considéré par quelques ingénieurs de l'époque comme « le meilleur du monde ».

Signalons tout d'abord que les deux tétrodes KT 66 (de la firme



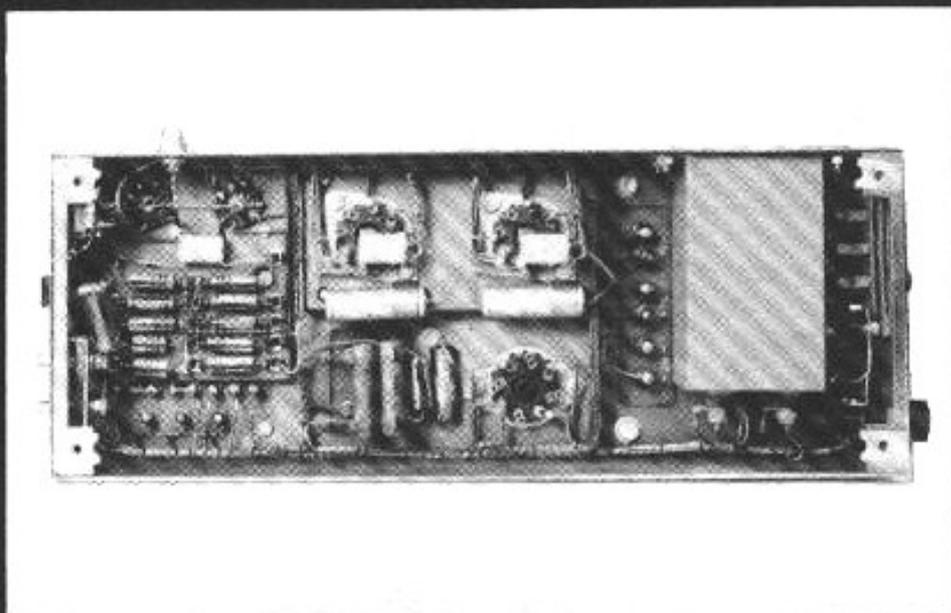
*Amplificateur  
intégré QA 12 P  
(1949).*

anglaise GEC) sont sous-alimentées (ce qui augmente leur longévité) et travaillent en pure classe A avec un courant plaque de  $2 \times 65$  mA, une tension plaque de 310 V à laquelle il faut ajouter environ 25 V de polarisation automatique de grille (la résistance commune des cathodes, découplée par un condensateur de  $25 \mu\text{F}$  est de  $180 \Omega/3\text{W}$ ), ce qui porte la haute tension à la valeur de 340 V. Les écrans des tubes KT 66 sont reliés directement à l'alimentation de 330 V, obtenue après passage à travers une self de filtrage et deux condensateurs au papier de  $25 \mu\text{F}$  chacun. Ajoutons que le redressement de la haute tension est assuré par la valve GZ 32 à brochage octal, le secondaire H.T. étant de  $2 \times 310$  V. Une particularité de l'étage de sortie du Quad II réside dans son transformateur de sortie. Il s'agit non seulement d'une version de haute qualité surdimensionnée, mais d'une prouesse technique si l'on pense qu'il comporte 4 demi-enroulements primaires et trois enroulements secondaires. Dans le but de minimiser les pertes d'insertion et d'obtenir la plus large bande passante possible sans déphasage, tous ces enrou-

lements sont subdivisés en 14 sections en mode « sandwich ». On retrouve des couplages aussi serrés sur les célèbres transformateurs de sortie Mac Intosh, de telles réalisations étant non seulement protégées par des brevets, mais également très difficiles à réaliser en série sous de faibles tolérances de fabrication. Sur le transformateur de sortie du Quad II, deux demi-enroulements primaires, parfaitement symétriques, chargent les plaques, sans faire appel aux prises écran ultra-linéaires. Deux autres demi-primaires, parfaitement symétriques produisent un effet de contre-réaction en tension (cathode/grille et cathode/grille/écran). Ce circuit, bien qu'original avait déjà été appliqué par Mac Intosh et par la firme Bogen. Disons pour être bref que l'on a pour avantages de travailler sous une tension plaque assez basse, que le taux de contre-réaction de 8,6 dB des circuits de cathode réduisent sensiblement le taux de distorsion, de sorte que l'on peut obtenir une meilleure sensibilité d'entrée et moins de distorsion qu'à partir d'une paire de KT 66 montées en pseudo-triodes. Quant au travail en classe A associé aux effets

de la contre-réaction de cathode, il offre l'avantage de ne pas rendre l'appairage des tubes de sorties trop critique. Quad annonçait en effet qu'un déséquilibre en courant de 25% n'entraînait qu'une faible augmentation de distorsion harmonique, proche de 0,2% à 1 kHz. Notons au passage qu'une variante de ce montage consiste à réaliser un enroulement secondaire symétrique à un point milieu relié à la masse, les extrémités de celui-ci étant reliées à la charge ainsi qu'aux cathodes de l'étage de puissance. C'est une variante que l'on a pu trouver sur des amplificateurs Luxman et surtout sur les récents Audio Research.

L'étage d'entrée est encore plus original. Il est constitué de deux tubes, des pentodes EF86 à brochage noval (remplaçant les plus encombrantes EF 37 A de la version QA de 1949). Ces tubes sont alimentés sous 330 V avec des charges de plaque de  $180 \text{ k}\Omega$ . La polarisation automatique de ces tubes est assurée par une résistance commune de cathode de valeur  $680 \Omega + 100 \Omega$ . Les écrans des deux tubes sont reliés à la haute tension 330 V à travers deux résistances



*Vue interne  
du Quad II.*

de  $1\text{ M}\Omega$  (ou de  $680\text{ k}\Omega$  selon les versions). On remarque que les écrans ne sont stabilisés ni par un réseau de résistances, ni par des condensateurs de découplage. On trouve ici un seul condensateur de valeur  $0,1\mu\text{F}$  reliant les deux écrans en produisant un effet de contre-réaction sans nuire à la stabilité du circuit. Un des tubes, attaqué directement par sa grille, avec une résistance de fuite de  $1,5\text{ M}\Omega$  sert de tube amplificateur, le gain en tension étant de 150 environ. La plaque du tube d'entrée est reliée à la grille de la KT 66 par l'intermédiaire d'un condensateur de couplage de  $0,1\mu\text{F}$ . Les résistances de fuite de grille des KT 66 sont au nombre de 3, deux de  $680\text{ k}\Omega$  et une de  $2,7\text{ k}\Omega$ . Ces trois résistances sont reliées en série, celle de  $2,7\text{ k}\Omega$  placée au centre ayant une de ses bornes reliée à la grille d'entrée de la seconde EF 86, l'autre extrémité retombant à la masse à travers la résistance de cathode d'entrée de  $100\Omega$ . L'inverseur de phase est en réalité de type Paraphase, mais amélioré, ce qui explique son comportement supérieur à la normale. Cet inverseur de phase est d'habitude assez sensible aux capacités de câblage, ce qui

implique soit de travailler sur des charges de plaque de valeur assez basse (20 à  $50\text{ k}\Omega$  par exemple) soit de soigner le câblage en réalisant des liaisons courtes avec peu de capacités parasites.

Signalons cependant au passage que le montage Quad nécessite l'utilisation de deux tubes EF 86 parfaitement appariés. De simples mesures à l'aide d'un voltmètre électronique montrent que l'on n'obtient rarement des tensions plaque identiques ( $115\text{ V}$ ) correspondant aux mêmes courants de repos dans les deux tubes ( $1,2\text{ mA}$ ). Il convient de ne pas oublier le fait que c'est la résistance dont la valeur a été fixée à  $2,7\text{ k}\Omega$  qui participe à cet équilibrage, mais qu'il n'est pas convenable de compenser une éventuelle disparité des deux tubes par un ajustage de la valeur de cette résistance. Dans les cas courants, il ne faudra donc pas s'étonner de trouver des écarts notables dans les valeurs de tension plaque, de l'ordre de 10 à 30 V, ceci engendrant, comme on pouvait le craindre, une augmentation de la distorsion harmonique.

La contre-réaction globale, dont le taux est voisin de 16 dB,

est appliquée entre une fraction de l'enroulement secondaire et les cathodes d'entrée.

Bien qu'il s'agisse d'un amplificateur, le Quad II est sans doute le plus compact de tous les amplificateurs à tubes que l'on ait pu trouver sur le marché. Il mesure en effet  $32 \times 12 \times 16,5\text{ cm}$  seulement et pèse 8,3 kg.

Le Quad II a été rendu célèbre non seulement en raison de son esthétique curieuse, de son circuit original ou de ses qualités subjectives, mais aussi en raison de sa grande fiabilité. Les transformateurs sont non seulement de haute qualité mais également imprégnés et blindés, les composants « tropicalisés » ou spéciaux utilisés étant conçus pour travailler dans les conditions climatiques les plus variées. Des années durant, Quad a été pour ainsi dire la seule firme britannique qui a exporté autant d'amplificateurs dans autant de pays. Cet énorme succès commercial du Quad II (et de son préamplificateur Quad 22) est certainement lié à des questions de finition, d'emballage, de modes d'emploi qui, chez Quad, ont toujours fait l'objet d'un soin particulier.



Sont à vérifier par ordre de priorité :

- valve et tubes de puissance ;
- valeurs des résistances ;
- qualité des contacts au niveau des supports de tubes.

La valeur de la haute tension doit se situer entre 330 et 340 V, ceci juste après la valve et avant la self de filtrage. Après cette dernière, on doit obtenir entre 320 et 330 V. Noter que le primaire du transformateur est ajustable (3 positions 200, 220 et 240 V). Si le fonctionnement est normal, on doit obtenir aux bornes de la résistance de 180  $\Omega$  (sa valeur est à vérifier préalablement) une tension de l'ordre de 23 à 25 V. Le condensateur de découplage de 25  $\mu\text{F}$  doit être de préférence remplacé par une version au tantale, type CTS 13, de valeur 25  $\mu\text{F}/50\text{ V}$ .

Sont à vérifier impérativement les 12 résistances :

- 1 M $\Omega$  (ou 680 k $\Omega$ )
- 680 k $\Omega$
- 2,7 k $\Omega$
- 680  $\Omega$
- 100  $\Omega$
- 180 k $\Omega$
- 180  $\Omega$  3 W
- 470  $\Omega$ .

Le vieillissement de celles-ci peut introduire d'importantes disparités par rapport aux valeurs d'origine. Il a déjà été mesuré sur des Quad II des résistances dont la valeur était passée de 180 k $\Omega$  à 440 k $\Omega$ , ou de 1 M $\Omega$  à 310 k $\Omega$ , ceci malgré un aspect extérieur normal.

Le remplacement de toutes les résistances par des modèles à film de tantale (excepté celle de 3 W qui doit être de type bobinée stratifiée) n'a rien de compliqué, tous les composants étant alignés et soudés sur des bornes solidaires d'une plaquette isolante.

Les remplacement des trois condensateurs de 0,1  $\mu\text{F}$  est également conseillé (choisir par exemple des condensateurs du genre ERO (MKC ou MKP). Des pertes d'isolement au niveau des

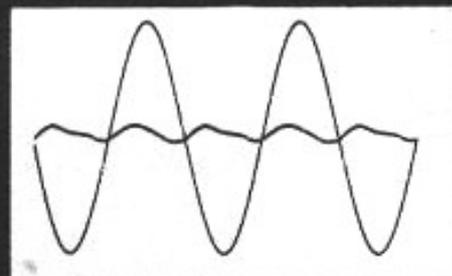
diélectriques pourraient avoir des conséquences graves pouvant conduire à une polarisation anormalement basse des KT 66 et à un rougissement des plaques.

Une modification profonde du circuit est une chose plus compliquée. Il convient tout d'abord de préciser qu'il est inutile de vouloir faire plus que le transformateur de sortie ne le permet, ceci aussi bien pour ce qui concerne la distorsion qu'à propos de la largeur de la bande passante. Comme dit plus haut, on ne dispose que de peu de place pour y effectuer de grosses modifications. Une possibilité serait de monter les deux EF 86 en circuit différentiel et avec des tensions d'écran plus élevées (130 V pour les plaques et les écrans par exemple) avec des charges de plaque de plus faible valeur (47 k $\Omega$  par exemple). Si les modifications semblent mineures (câblage du tube déphaseur), il serait par contre nécessaire d'ajouter un circuit d'alimentation négative de façon à obtenir une alimentation symétrique ( $\pm 160\text{ V}$  par exemple). Ce circuit pourrait apporter de meilleurs résultats de mesure, aux fréquences élevées notamment où le circuit Paraphase amélioré ne travaille plus dans des conditions optimales. Un bon étage déphaseur doit être surdimensionné si possible et fournir des signaux parfaitement déphasés jusqu'à 30 ou 40 kHz, ceci sur des charges légèrement capacitives simulant les conditions réelles de fonctionnement. On pourra ainsi profiter pleinement des possibilités du transformateur de sortie, les modèles de qualité offrant une courbe de réponse s'étendant jusqu'à 100 kHz. Il doit donc être certainement possible d'améliorer les performances de mesure du Quad II sans compliquer de trop le circuit. Quad annonçait en effet que son amplificateur pouvait supporter 36 dB de contre-réaction globale sans problème

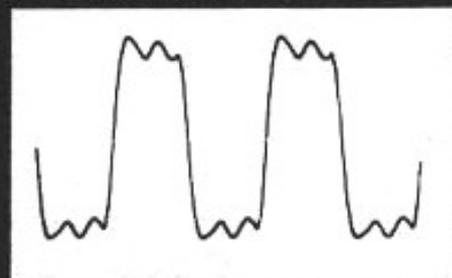
d'oscillation. Le plus important serait de pouvoir obtenir des résultats d'écoute à la hauteur des améliorations constatées aux mesures.

Signalons pour terminer qu'aux mesures le Quad II est apparu comme très sensible aux variations de tension secteur, ce qui a rendu impossible la prise de photos en pose (1 seconde), sur oscilloscope et à bas niveau, ceci étant principalement dû à la faiblesse des valeurs des condensateurs de filtrage. Ceci pourrait expliquer l'effet de flou, de « chaleur sonore » dans le bas du spectre.

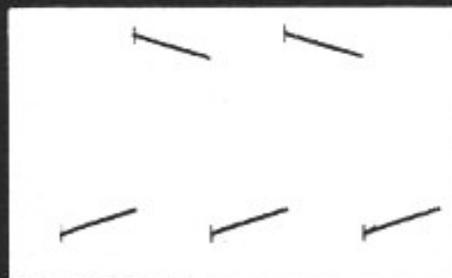
Les Quad II ont toujours la bonne cote à la bourse des antiquités Hi-Fi. N'oublions cependant pas de dire que les tubes KT 66 valent à eux seuls près de 2 500 F (pour une paire de Quad II) et que leur durée de vie n'est que d'une dizaine d'années. La valve GZ 32 a par contre une durée de vie inférieure, de l'ordre de 4 à 5 ans.



Ecrêtage à 1 kHz.



Carré à 20 kHz.



Carré à 40 Hz.

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**E**

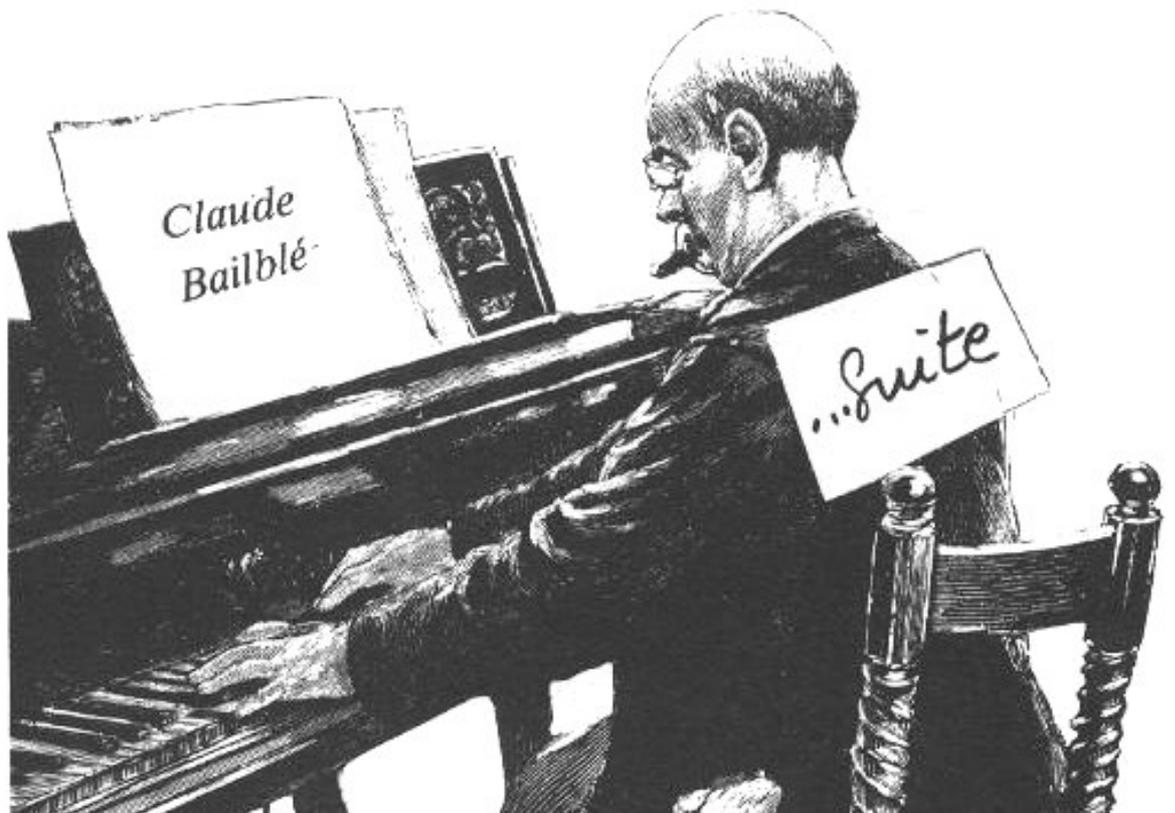
*n musique, l'émotion vient du compositeur et de sa partition, mais elle se réalise dans l'interprétation sensible de l'orchestre ou du groupe de musiciens qui improvisent sur un thème.*

*Ce faisant, l'émotion passe par l'écoute des timbres, des grains et des énergies en mouvement. Les matériaux sonores, voulus par les facteurs d'instruments, assemblés par le compositeur, déclenche — en sa beauté — le plaisir de l'auditeur mué en mélomane.*

*L'écoute stéréophonique ayant doublé (industriellement !) l'écoute directe en concert, doit donc respecter la sensualité des sonorités par où advient l'émotion musicale.*

*Nous abordons ici, à la suite d'un premier article sur les composants du matériau sonore, les problèmes de la reproduction stricte du concert dans l'espace domestique.*

## LE CONCERT ET SON DOUBLE LE CONCEVLE EL 20M DOABTE



## Dépense dues à la stéréophonie

L'écoute **binaurale** (par les deux oreilles) n'est pas l'écoute **stéréophonique** (par les deux diffuseurs).



Fig. 13 : L'écoute binaurale ! Ce topophone (1880) augmente le pouvoir de localisation par l'intermédiaire de deux pavillons largement écartés ; il était destiné aux capitaines de bateaux afin qu'ils puissent déterminer avec précision la direction d'une sirène dans le brouillard (doc. Time Life 1965).

L'écoute directe place l'auditeur dans un champ acoustique naturel. Les deux tympans captent deux ondes complexes, différentes en phase et intensité. D'où viennent ces différences ?

Il y a d'abord une différence de **timbre** selon l'azimut de la source : la boîte crânienne fait ombre dans les aiguës (au-dessus de 800 Hz). L'extrême-aigu est parfaitement entendu lorsqu'il se présente dans l'axe du conduit auditif (source latérale) mais l'autre oreille accuse à ce moment-là un déficit maximal. Lorsque la source est frontale, les deux oreilles entendent à peu près le même timbre, moins riche en aiguës extrêmes (cf. figure 14).

Il y a aussi une différence de marche, ou de **propagation** (analysée au-dessous de 1 200 Hz environ). Une source de côté atteint l'oreille homolatérale 500  $\mu$ s avant l'oreille contralatérale (cf. figure 15).

Une source frontale atteint les deux pavillons en même temps. Le seuil de discrimination temporelle est de 12,5  $\mu$ s (au mieux) pour des fréquences allant de 120 à 1 000 Hz, ce qui se traduit par une localisation de la source à 2° près (cf. figure 16).

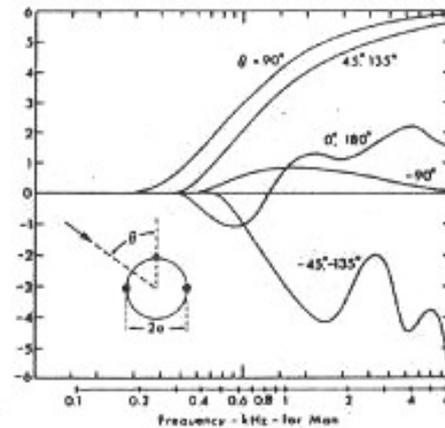


Fig. 14 : Incidence sur le timbre selon l'azimut  $\theta$  de la source (d'après Ballentyne 1928 et Kinsler et Frey 1962).

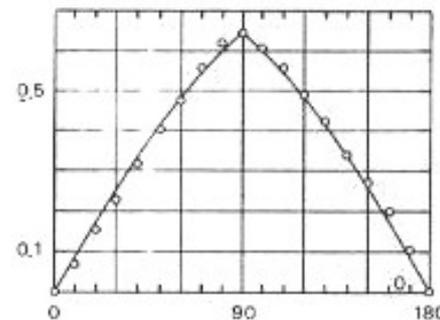


Fig. 15 : Différence de temps interaurale (ordonnées en ms) en fonction de l'azimut (abscisse en degrés).

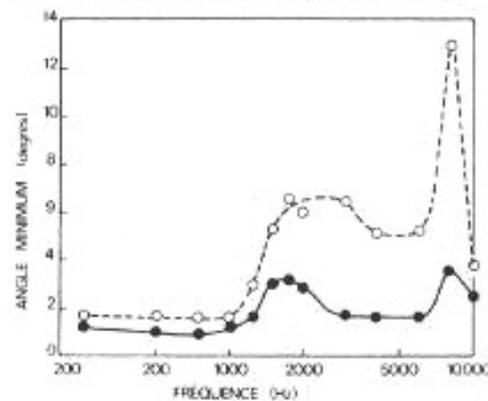


Fig. 16 : Variation angulaire minimale perceptible dans un plan horizontal en fonction de la fréquence (source à 0° en trait plein et à 30° en pointillé) (d'après Tobias 1972).

Ainsi différenciées, les deux vibrations tympaniques sont **fusionnées en une image unique** (pour le cortex auditif). Les différences — automatiquement analysées — sont transformées en **espace auditif**, avec reprojec-tion des sons (non dédoublés, malgré les deux tympans) à leur place-source. L'appareil auditif unit les deux stimuli-images et les replace dans le champ objet en sources localisées.

L'opération de fusion-localisation des sources précède de peu l'opération de **focalisation** auditive. L'oreille choisit d'écouter **ici** ou **là**, de polariser l'attention en un point ou l'autre de cet espace psycho-physiologique fabriqué par l'entendement humain. Cette écoute dirigée est facilitée par la vision qui affine la localisation — au concert — alors qu'elle manque dans l'espace domestique. L'audition est **hétérogène** : la **zone écoutée** est privilégiée, au détriment de la **zone entendue**. **La réjection des sons adjacents atteint une quinzaine de décibels.**

Ce que nous entendons est donc **pré-filtré** par l'appareil auditif. La réverbération apparente est beaucoup plus faible que la réverbération réelle : l'effet de masque dû aux sons latéraux est minimisé : l'intelligibilité est augmentée d'autant.

Par ailleurs, la **structuration perceptive** (le détachement figure sur fond) est facilitée par la fusion sélective (zonale) qui laisse dans le flou les zones inintéressantes. L'**écoute zonale** avive les contours de l'objet sonore, qui paraît plus lisible, plus net, plus détaché (exomorphose ?). Il y a là une parenté très forte avec la vision fovéale : la tâche du regard propose à la vue des objets nets détachés du « décor ».

Autant dire que nous ne connaissons les objets du monde auditif qu'à travers cette exonération du bruit, qu'à travers cette réévaluation psycho-physio-

logique des vibrations brutes. Les images auditives auxquelles nous sommes habitués ont été travaillées à notre insu, et c'est ainsi que nous les percevons : **décortiquées**. Le preneur de sons débutant est confronté avec ses micros, à une surprise : celle d'un amateur de noix, habitué à l'amande du fruit, découvrant — ahuri — qu'il y a coquille et écale...

Dans cet espace **pré-paré** se déploie l'écoute intelligente, l'analyse d'une ligne mélodique ou d'un timbre, par exemple (8).

Enfin, les mouvements de tête, qui modifient le différentiel phase/timbre, sont annulés par un mécanisme de réafférence corticale (ce qui n'est pas le cas au casque, où la rotation du cou ne modifie pas le corrélat phase/timbre donné par les écouteurs). De sorte que les sources paraissent immobiles, malgré nos mouvements.

### A supposer que les microphones soient parfaits, où les placer ?

En **couple**, à la meilleure place (cf. système Charlin) ? L'espace phase/timbre est restitué mais la réverbération y est souvent excessive — sauf à s'approcher, avec le risque d'un gros plan sur une partie de l'orchestre — et l'effet de masque **son sur son** y est relativement gênant car il diminue la lisibilité générale, et

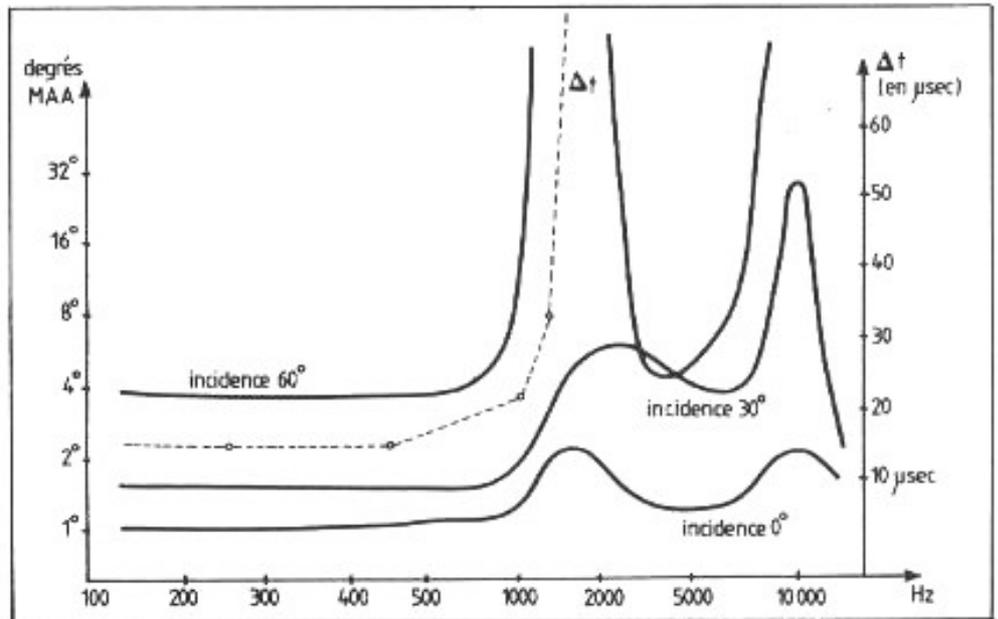


Fig. 15 bis : Le minimum d'angle audible MAA varie avec la fréquence et l'azimut de la source. Il semble lié au seuil de temps interaural juste discernable ( $\Delta t$ ) [en pointillé]. D'après « Handbook of perception ». (Cf. note 7)

introduit une perturbation dans les intentions du compositeur (9).

Et surtout, il ne tient pas compte de la réverbération du local d'écoute, de la directivité inhomogène des enceintes, de leur emplacement par rapport à l'auditeur, de leur diaphonie...

Reste le casque, qui fait grimper les sons derrière la tête ! Le cortex auditif, privé de différentiel  $\Delta\varphi/\Delta t$ , situe les sons en-dessus...

En **multimicros**, on retrouve la précision qui manquait, le dégagement entre les différents plans sonores, mais quel chantier ! Chaque microphone capte le son de ses voisins et cela fait un joyeux mélange des timbres et

des phases. Aussi ne les utilise-t-on — au mixage — qu'en appoints ponctuels, la base stéréo étant confiée à deux microphones principaux, qui retrou-

(7) Le son numérique, échantillonné à 44 kHz (22,5  $\mu s$ ) semble ignorer le seuil temporel de l'appareil auditif (12,5  $\mu s$ ). Le suréchantillonnage tente de contourner la difficulté en effaçant les résidus « crénelés » de la numérisation. Y arrivera-t-on ?

(8) L'écoute intelligente suppose une acculturation, voire une formation auditive. L'écoute zonale, automatique, se soutient seulement des mécanismes de l'attention volontaire et de leur entraînement quotidien.

9) Pour capter tout l'orchestre, les micros sont éloignés des musiciens. Dès lors, ils risquent d'être placés au-delà du **rayon critique**. On appelle **rayon critique** d'une salle (room radius), le rayon de la sphère virtuelle, ayant pour centre un émetteur sonore et pour enveloppe le lieu où le champ direct et le champ diffus égalisent... On obtient un **plan moyen** quand le microphone capte autant de champ diffus que de champ direct, c'est-à-dire lorsqu'il est placé à la distance critique. A cette distance, il y a autant de « noyau » que de « halo » ; au-delà, il y a plus de halo que de noyau... Le rayon critique dépend donc de la réverbération de la salle, de la directivité des instruments et de la directivité (omni, bi, unidirectionnelle) du microphone.

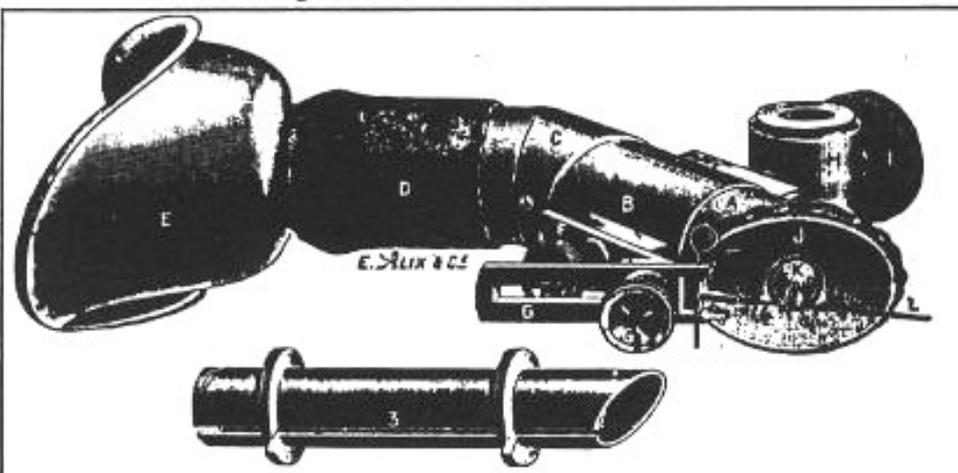


Fig. 17 : L'oreille inscriptive de la parole de l'abbé Rousselot (d'après Etudes de la phonétique expérimentale - A. Zünd-Burgubt 1904).

vent les problèmes cités plus haut.

Enfin, en prise de son fractionnée, on enregistre successivement les différents instruments, avec le plan sonore ad hoc, sans diaphonie et en plein timbre. L'espace est artificiellement reconstitué au mixage, grâce à la stéréophonie d'intensité (pan pot, où est la corrélation de phase ?) et à la réverbération digitale (où toutes les premières réflexions surgissent avec le même décalage) qui nimbe du même halo des instruments pourtant dispersés sur les différents pupitres.

Heureusement l'ingénieur du son est là avec ses oreilles de métier pour trouver le meilleur compromis en termes de dynamique (compression pour le disque, sinon pour les voisins), en termes d'espace (rampe stéréophonique plausible), en termes de lisibilité (étagement des plans sonores, suivi de la partition), en termes de beauté des timbres (placement des microphones, filtrage) et sans doute de stabilité pour l'ensemble des pupitres.

### A supposer que le mixage soit parfait, qu'en reste-t-il chez l'auditeur ?

Compte tenu de la diaphonie entre les deux enceintes, la rampe stéréophonique est anamorphosée en largeur, et surtout, chaque voie (gauche ou droite) atteignant les deux tympan, il y a pléiade d'images fantômes secondaires. La localisation est assurée à 5° près (au lieu de 2°).

Avec la réverbération du local, un deuxième champ réverbéré s'ajoute au premier, avec ses toniques, ses effets de masque, sa coloration. De nombreux détails sont noyés par l'excès de traînage son sur son. Considérons alors que le mélomane a fait le nécessaire pour en atténuer les effets.

Avec la compression des hauts niveaux et la remontée des petits niveaux dans une fourchette dynamique acceptable par nos

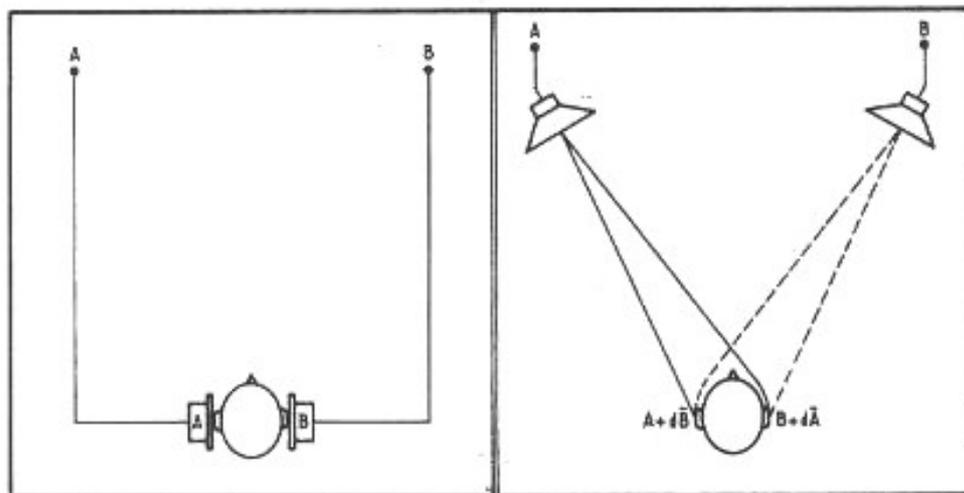


Fig. 18 : L'écoute stéréophonique et la diaphonie acoustique présente à l'écoute d'enceintes, il n'y en a pas avec le casque.

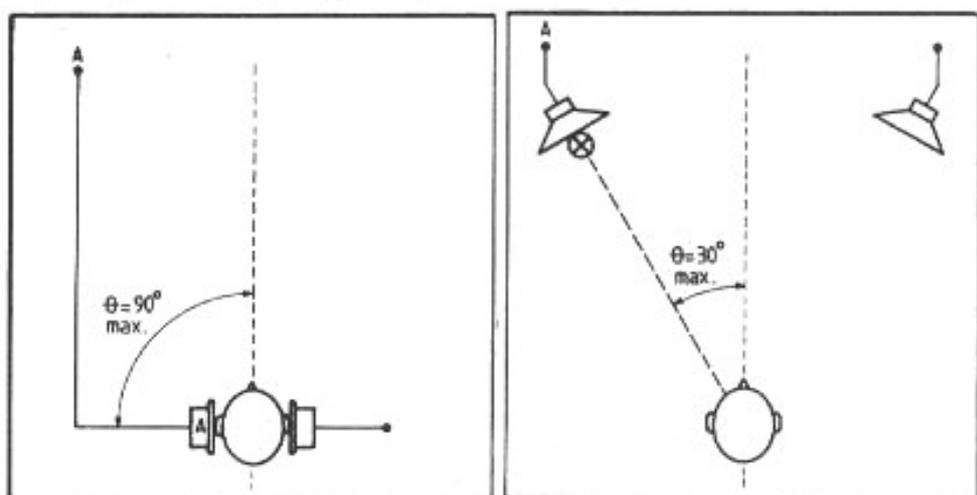


Fig. 19 : Champ perçu à l'écoute au casque et par enceintes.

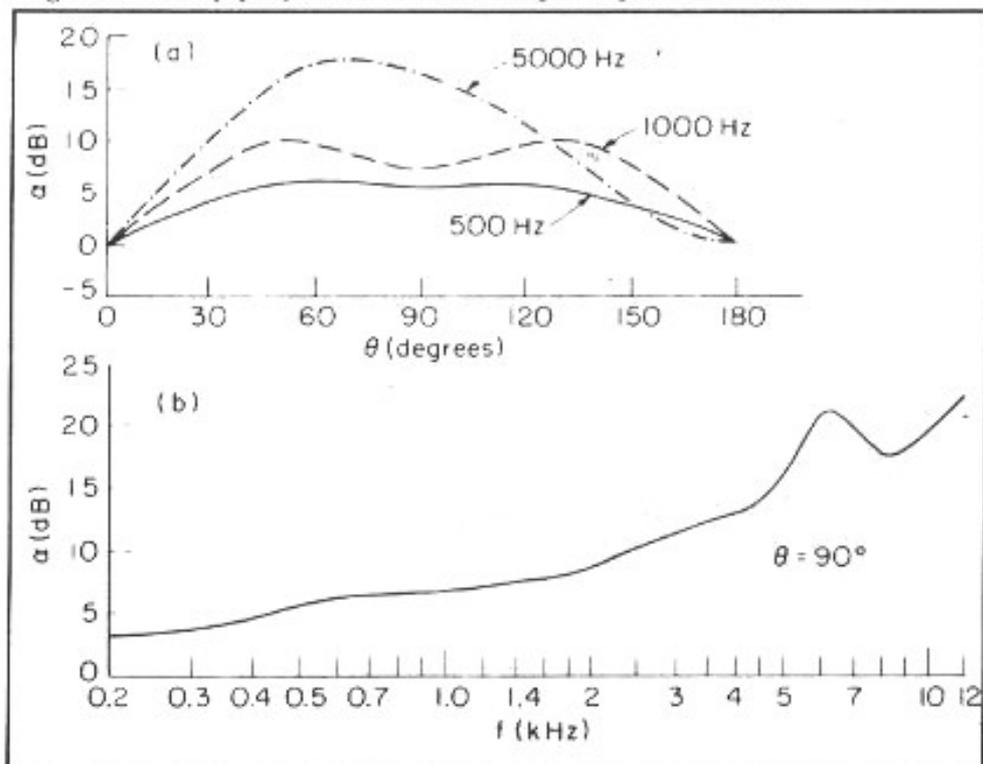


Fig. 19 bis : Rapport d'amplitude interaural  $\alpha$  en fonction de l'azimut  $\theta$  d'une part et de la fréquence d'autre part de la source émissive.

contemporains, nous voilà confrontés à la distorsion de timbre : les courbes d'isosensation nous disent la **sonie** inégale des fréquences en fonction du niveau d'écoute. Espérons que l'audiophile n'écoute que de la musique de chambre, à sa vraie puissance...

Enfin, le fameux triangle équilatéral auditeur-baffles se fait entendre : tous les sons venant d'un azimut autre que  $\pm 30^\circ$  sont **distordus spectralement** : trop ou pas assez d'aiguës. La tête de l'auditeur re-filtre, par sa géométrie, un espace musical qui ne s'échappe que par deux lucarnes, ouvertes sur la salle de concert.

Une source latéralisée à  $90^\circ$  devrait être plus riche en aiguës qu'une source frontale. Une source localisée à  $0^\circ$  devrait être moins claire. La position oblique de l'enceinte a raison de cette subtilité !

*Le dispositif stéréophonique propose une écoute anamorphosée de la salle de concert. Tout comme l'écran de cinéma propose un rectangle sans profondeur, ouvert sur un pseudo-champ-objet. N'empêche que ça marche ! Sans doute la musique est-elle plus importante que son support !*

## Atteintes au matériau sonore

*Si la magie des 78 tours est vénérable, c'est peut-être parce que tout enregistrement immobilise l'instant vivant, l'instant généreux de l'interprétation et le met en perspective dans la durée — bien courte, dira-t-on — de la vie humaine. Ou peut-être encore parce que toute musique nous ramène à l'étincelant des premières impressions auditives, dégagées de toute signification autre qu'expressive. Ou qu'elle nous rassure quant à nos propres émotions, qu'elle les restaure et les comble dans une sorte d'unisson grandiose aux émotions du compositeur. Les tensions de l'âme sont libérées et l'on peut*

*jouir de ses propres affects, sans plus de honte ou de reproche.*

*Dans cette union transnarcissique aux compositeurs et aux interprètes, l'extase musicale est possible, dans la satisfaction élevée de la fusion avec plus grand que soi. Moment d'élévation, sentiment océanique, jouissance esthétique.*

*L'écoute de la musique a cette magie. Elle est d'autant plus forte que la reproduction approche, en beauté, en diffusité, les conditions du concert.*

**Les constituants du matériau : masse, timbre, grain, dynamique, allure, profils mélodique et massique, ainsi que les critères de matière, forme, entretien, variation** sont affectés par la reproduction électroacoustique. Des éléments sont enlevés, d'autres ajoutés, qui ne figurent pas dans l'original. Il importe de préciser — dans la chaîne enregistrement-reproduction — la quantité et la lieu de la perturbation.

## Bande passante du système

**Idéalement 2 à 20 000 Hz.** Les fréquences latérales de modulation (grain, allure, battements, vibrato) sont infra-sonores, très souvent. Si la bande passante est trop courte dans le grave, elles manqueront de relief (taux de modulation insuffisant).

Les timbres instrumentaux comportent des ultra-sons, dont les battements sont audibles. On en fait habituellement l'économie, compte tenu des limites pratiques imposées par l'industrie du disque.

La bande passante se dégrade aux forts niveaux : elle se rétrécit aux deux bouts (amplificateurs), elle se colore (les haut-parleurs font entendre leurs toniques, leurs résonances mécano-électriques) ou se décolore (certaines bandes se refusent à suivre le mouvement).

En régime impulsif (ultra-crêtes), on entend souvent la

couleur des impédances électriques (alimentation, amplificateur), mécaniques (haut-parleurs), acoustiques (enceintes, local) en complexe interaction-série.

## Puissance acoustique dans le local d'écoute

**Idéalement celle de l'orchestre.** En fait, on tolère plus facilement la réduction des niveaux absolus (*fortissimi*) que la compression des niveaux relatifs instantanés. La souplesse adaptative de l'oreille permet de comprimer la dynamique générale d'un *Boléro* de Ravel, mais n'autorise guère de raboutage des attaques de la caisse-claire, le limage des aspérités des cuivres ou la retombée trop lente des profils d'extinction.

Le **contraste instantané** entre forts et faibles niveaux doit être respecté à l'enregistrement, même si l'on règle la dynamique générale du morceau à des proportions « raisonnables ».

Cela étant, le **contraste instantané** est entamé par la non-linéarité dynamique du système.

• **L'écrêtage est d'abord le fait des haut-parleurs** : l'excursion maximum (sans distorsions) des équipages mobiles est très limitée. A moins d'utiliser un couplage haut-parleur/enceinte ayant un haut rendement mécano-acoustique (chambre de compression, pavillon d'extrême-grave), on devra se contenter d'une image miniaturisée/pastellisée du concert.

D'autre part, la linéarité dynamique varie avec la fréquence : la réactance mécano-électrique de l'équipage mobile (masse non nulle, raideur non négligeable) y est pour quelque chose. Il faudrait que dans la bande utilisée, chaque transducteur ait une impédance quasi-résistive !... Trop de masse augmente l'inertance, surtout dans les aiguës (retard et traînage), trop de raideur diminue la capacitance, sur-

tout dans les graves (avance et rigidité). S'y ajoute que la résistance de la bobine varie avec la température instantanée !

Il en résulte que l'excursion n'est pas homogène dans tout le spectre et que le profil dynamique des différents instruments de musique n'est pas restitué.

Par ailleurs, la reproduction des faibles niveaux se perd dans l'indistinct, le non-défini, le transfert électro-mécano-acoustique ( $F = \beta il = m\gamma$ ) exigeant, pour être linéaire, une énergie-seuil assez élevée.

• **L'écrêtage est aussi le fait des amplificateurs.** La réponse

Les attaques des instruments à percussion-résonance (+20 dB) exigent donc un débit en courant instantané 10 fois plus important ( $P = RI^2$ ) que le débit moyen et cela, sur l'ensemble du spectre modulé (2 à 20 000 Hz), ce qui pose quatre problèmes (au moins) :

• celui des **câbles**, capables de driver un tel courant, quelle que soit la fréquence (cf. effet de peau et autres paramètres peu théorisés) ;

• celui des **alimentations**, à résistance interne négligeable, soit 0,5  $\Omega$  de 2 à 20 000 Hz — ce qui veut dire un condensateur de

devra recourir aux batteries (45 A/h). Comme quoi, la démarche « audiophile », toute empirique qu'elle paraisse, a du bon !

• celui du **gain** en courant de crête **homogène** dans toute la bande et cela en régime impulsionnel...

Cette stabilité (**énergétique**, des tensions d'alimentation, **spectrale** de la bande passante alimentation) est exigée dans tous les étages de l'amplificateur et du préamplificateur, évidemment...

Un compromis existe, qui consiste à accepter les défauts des électrochimiques pour les graves (son mou, traînant) et les découpler par des condensateurs spécialisés, travaillant chacun dans leur bande (médium, haut médium, aigu, extrême-aigu) où l'impédance de source est convenable, même si — du moins en basse tension — l'énergie stockée est petite ( $Q = 1/2 CV^2$ ). L'important étant que les vitesses de charge et de décharge soient appropriées à la bande où ils opèrent.

## Enveloppe spectrale

**énergétique** (résume les deux paragraphes précédents)

Considérons un accord dissonnant *fff* dans un tutti orchestral. Une masse épaisse, avec un profil d'extinction (vers le silence) très précis. Ou un *subitoforte* suivi d'un *decrescendo* sur un unisson de cordes. Ou encore, un trait de piccolo aigu au-dessus d'une masse *glissando* de cuivres. Ou enfin un *crescendo* sur la timbale, fondu-enchaîné avec les bois de l'orchestre.

On est loin des signaux sinus, tant vantés par les constructeurs, heureux de brandir des courbes à 0,1 dB avec 0,001 % de distortion...

Ici, trois profils d'amplitude se mélangent. L'un, « énorme », concerne l'intensité générale du morceau. Un autre, plus fin, concerne l'allure énergétique des notes tenues (vibrato, batte-

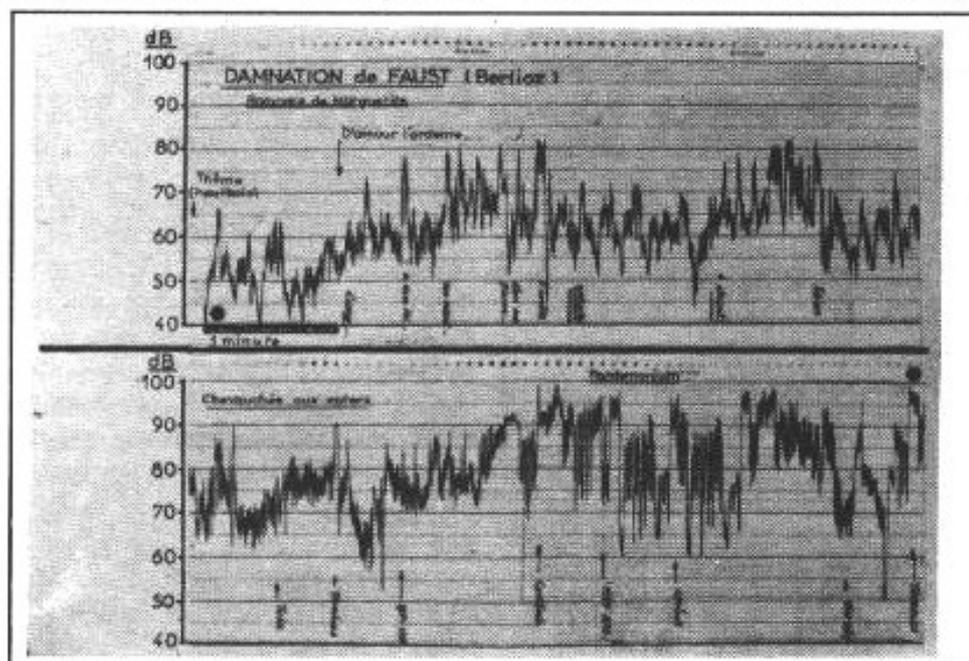


Fig. 20 : Exemple de dynamique d'une œuvre lyrique, *La Damnation de Faust* (d'après Musique, informatique et stéréophonie 1971).

impulsionnelle exige des niveaux brefs de +20 dB, soit cent fois la puissance moyenne. A supposer qu'ils soient jouables par le circuit amplificateur (en termes de courant de crête, de tenue des caractéristiques à cette puissance soudaine, ou de sécurité thermique), cela veut dire que la contre-réaction n'entame pas cette expansion rapide (cf. temps de montée et *slew-rate*). Et que ces signaux ultra-brefs, pseudo-périodiques, veillent dire quelque chose pour la contre-réaction. On souhaiterait alors des amplis sans feedbacks négatifs...

150 000  $\mu F$  ( $Z = \frac{1}{C\omega}$ ) — à *stabilité inconditionnelle* — ce qui veut dire un transformateur d'alimentation surdimensionné ( $i = 10i_m$ ) !

• celui des **condensateurs**, avec leur vitesse de charge et de décharge : un condensateur unique au polypropylène (valeur 150 000  $\mu F$ ) serait le bienvenu... s'il existait ! En travaillant avec des impédances de source plus élevées (c'est-à-dire avec la haute tension des tubes), on peut se contenter du même à... 15 000  $\mu F$ /500 volts... Sinon, s'agissant des basses tensions, on

ments, mixtures harmoniques). Le dernier, subtil, concerne l'état de surface, le grain de la matière. Comment le système va restituer — simultanément — ces trois reliefs de poids si différents ?

[Il faudrait un signal test — spectralement épais et dense — large bande, monté comme une percussion (ultra-crête + 20 dB) s'éteignant progressivement (sur 3 ou 4 s) avec un régime de décroissance vibré à amplitude décroissante et à fréquence croissante). L'analyse des différences input/output ferait apparaître les défauts clairement.]

### Des harmoniques sont artificiellement ajoutées

- Les haut-parleurs, fortement sollicités, font entendre leur résonance de membrane (coloration) de suspension (rotations de phase, surtension), de bobine (effet de tunnel), avec des traînages variés.
- Les enceintes font entendre leur résonance de caisse (ondes stationnaires dues au coffret), de parois (vibrations du matériau avec son grain propre), avec des traînages divers.
- Le local fait entendre ses toniques, ses formants liés aux dimensions mêmes de la pièce d'écoute, bref un traînage coloré.
- L'amplificateur donne un spectre résiduel d'extinction (résistances, condensateurs, câbles) et, tout aussi bien un spectre très particulier d'écrêtage (transistors, tubes, transformateurs, circuits).
- La source utilisée ajoute elle aussi son résidu spectral. Même infime, il s'entend : il est amplifié en cascade par les étages suivants (9 bis).

Toutes ces harmoniques, de poids divers, vont enlaidir la musique (elles n'étaient pas prévues par les luthiers) et faire masque sur les harmoniques réelles : les alliages de timbres sont perturbés par des poids énergétiques nouveaux, le traînage (son

sur son) recouvre les profils d'extinction d'une buée sans contenu.

Les condensateurs de liaison, les câbles et câblages, les circuits participent de cette dégradation du signal musical. Ex. : les condensateurs électrochimiques (déjà nommés) rendent un son caouchouteux, sans relief, avec un résidu spectral souvent important, en forme de **halo-trace**. L'attaque, le grain, le profil d'extinction manquent de netteté.

### Des harmoniques sont artificiellement retranchées

- Irrégularités dans la courbe de réponse du haut-parleur, crevasses dues aux filtres passifs ou aux recouvrements des haut-parleurs, baisse de rendement dans certaines bandes, manque de linéarité dynamique aux forts ou faibles niveaux.
- Ondes stationnaires dans le local d'écoute, silence sur certaines notes.
- Manque de puissance aux deux bouts du spectre (amplificateurs) ou compression des crêtes instantanées (alimentations).
- Perte de relief (allures) ou grain absent/déficitaire dans certaines bandes de fréquences.

Au total, modification du timbre (distorsion harmonique), de la beauté instrumentale (orchestration), de la qualité du silence (filé du son), du grain (souvent inexistant dans les extrêmes), du profil de masse (l'épaisseur et la densité spectrales sont modifiées par les colorations et toniques).

### Pour une hiérarchisation des critères de qualité ?

*Arrivés à ce point, il nous faut proposer une échelle des qualités indispensables et des défauts supportables, tant il est impossible de tout tenir en même temps. Cette proposition est purement indicative, car elle ne tient pas compte de la réception par l'auditeur des différents critères*

*morphologiques, et par là même d'une esthétique singulière de la réception. Elle pourra surprendre, car l'oreille est prise parfois dans des habitudes « hifistes » qui ne correspondent en rien à l'écoute directe, seule juge de paix en la matière (10).*

Ce qui peut nous guider dans l'échelonnement des qualités « premières » d'un système de reproduction ? C'est peut-être la posture régressive qu'engendre (au moins partiellement) l'écoute musicale : **suspension de la motricité** (l'auditeur ne danse pas, il glisse dans un espace imaginaire) et **retour au monde primitif du sensible** (la musique articule, mais ne parle pas). Berceuses, comptines, onomatopées, cris, pleurs, babillages, n'évoquaient rien moins que les changements intimes et les affections sans paroles. Dans ce monde sensible, les repères spatiaux sont diffus, enveloppants.

La qualité première d'une salle de concert, c'est la **diffusité** : le champ réverbéré n'est pas localisable. Impression de bain

(9 bis) L'effet rejoint la cause. C'est le cas, en particulier des vibrations mécano-électriques qui touchent certains composants dits « sensibles » (tubes, cellules, condensateurs, etc.). Les résonances mécaniques ajoutent des harmoniques au signal-source. Amplifiées par la chaîne, réémises par les enceintes, elles excitent à nouveau les résonances « naturelles » du composant microphonique. La coloration se boucle sur elle-même à travers le gain de l'ensemble. Parfois, le système source/enceintes oscille : larsen de platine !

(10) L'écoute directe en concert, depuis le milieu de la salle, forme une image beaucoup moins précise que celle, captée par les micros, placés au meilleur endroit. L'écoute publique (collective) est, par l'enregistrement, transformée en écoute singulière « exceptionnelle », presque irréaliste (l'orchestre pour soi tout seul, du point de vue de l'archange). Le placement élevé et rapproché des micros, s'il donne une image aérée et plausible de l'orchestre, donne aussi une présence, un grain inhabituels.

sonore. Seuls les sons directs sont localisés. Comment restituer un tel espace (océanique) ? Cf. *Critère d'espace*.

La salle de concert n'apporte pas de tonique ou formant propres qui pourraient modifier les timbres. Cf. *Critère d'équilibre tonal*.

L'expression par la voix relève de l'**énergétique corporelle** (11). Le geste instrumental reprend à son compte cette qualité énergétique, ce profil de l'expression dans la durée. A plusieurs voix, les instruments phrasent et échangent des sons voulus, des sons timbrés par la mémoire. La motricité se diversifie dans les différents **jeux instrumentaux**. Elle n'est plus confinée dans le gosier, elle éclate dans les cordes, les cuivres, les bois, les percussions. Cf. *Critère de dynamique*.

La voix chantée — avec sa courbe mélodique, ses nuances et ses accents, ses respirations et son rythme — est le modèle (nous l'avons vu) des écritures musicales : troubles, jubilatons, pathos, attentes, souvenirs... L'auditeur est donc amené à se « dilater », à se « potentialiser » en se fondant (immobile, mais voyageur) dans la pensée puissante du compositeur, en faisant sienne la masse énergétique de l'orchestre. En y reconnaissant ses propres impressions, en y traçant un chemin arborescent, en y vivant des émotions démultipliées. Cf. *Critère pouvoir analytique*.

Ainsi la ligne mélodique se fait porteuse d'une subjectivité enthousiaste ou mélancolique, rêveuse ou tendre, tandis que les différents accompagnements font bord sur un fond rythmique ou harmonique. Il y a du signifiant en trop ! L'archiduc disait à Mozart : « il y a trop de notes ! » Ce trop, si parfaitement ordonné, si magistralement construit (*la partition*) peut conduire au sublime (*l'interprétation*) (12). Si toutefois les timbres sont là, avec leur netteté. Cf. *Critère de transparence*.

Supposons acquisés les qualités minimales d'un système électroacoustique : **une distorsion harmonique négligeable** (ça existe), **une bande passante étendue** (c'est faisable), **une puissance confortable** (pourquoi pas ?). Nous proposons d'y ajouter :

— **Transparence** (absence de traînage et de coloration).

— **Etendue dynamique** (excursion linéaire vers la puissance crête).

— **Pouvoir analytique** (grains, allures, masses, profils, dynamiques).

— **Équilibre tonal** (horizontalité du spectre, quelle que soit la puissance).

— **Espace** (localisation, profondeur, stabilité des plans sonores).

### Transparence

Elle exige un traitement du local d'écoute, un positionnement des enceintes, loin des coins et des murs. Les enceintes acoustiques demandent la neutralité : pas de vibrations des parois, pas de toniques de coffret ou de membrane (résonateurs couplés, membranes légères et rigides fonctionnant en piston, amortissement rapide des modes propres).

La réponse transitoire est d'autant plus rapide, l'extinction est d'autant plus nette que la masse est plus faible. Ceci explique le succès des haut-parleurs à ruban ou des transducteurs électrostatiques, montés en baffles plans (avec les limitations inhérentes à cette charge). Seul le baffle plan semble en effet compatible (en termes de traînage-coloration) avec l'incroyable aération de ce type de haut-parleurs.

Malheureusement, le rendement mécano-acoustique trop faible de ces systèmes (grosses puissances électriques, excursions importantes des équipages mobiles, distorsions résonnantes) nous invite plutôt à regarder du côté d'une charge acoustique

plus performante : le **pavillon**. Avec des excursions limitées (c'est-à-dire bonne linéarité et faible distorsion, amplis peu puissants) on atteint des niveaux acoustiques élevés. Restent la géométrie très encombrante d'un tel dispositif (pavillon d'extrême-grave !) et les colorations difficiles à maîtriser dans le transfert gorge-embouchure.

— *Vouée à l'analyse spectrale*, l'oreille est très sensible aux distorsions harmoniques, et notamment celles qui apparaissent sur les signaux transitoires (pseudo-périodiques) que la contre-réaction ne contrôle pas. D'où l'importance accordée à la conception et la transparence des circuits : peu de contre-réaction et *simultanément* peu de distorsion harmonique.

— Enfin la qualité des composants actifs ou passifs est primordiale : un simple condensateur électrochimique peut anéantir la transparence d'un ampli ou préampli ; dans les premiers étages, un spectre résiduel — même très minime — s'entendra en bout de chaîne, après amplification.

### Etendue dynamique

— Elle exige des haut-parleurs ayant une bonne réserve d'amplitude vibratoire (haut rendement !) c'est-à-dire des suspensions « sous-employées » sauf dans les signaux-crêtes (linéarité dynamique).

— La réponse impulsionnelle des amplis — sans coloration — demande des circuits étudiés pour le **courant de crête** et des alimentations surdimensionnées (cf. supra : puissance « subjective » apparente) et « neutres » de 2 à 20 000 Hz. On pourrait alors parler d'une alimentation « isochromatique », quel que soit le niveau demandé, ou encore d'une enveloppe énergétique spectralement neutre.

— Inversement, la question du bruit de fond (agitation thermique, harmoniques du secteur, pics de redressement des ponts

de diodes, ronflements, parasites) est ici supposée résolue.

— Le retour de la force contre-électromotrice engendrée par les haut-parleurs, déphasés par le filtre de l'enceinte, dans le circuit de contre-réaction générale peut perturber grandement le signal qui suit l'ultra-crête (confusion et flou transitoires).

### Pouvoir analytique (transfert de modulation)

— Les vibratos, les grains, les masses et profils dynamiques demandent un transfert de modulation rigoureux, d'où dépend le pouvoir analytique du système.

On remarque qu'un ampli peut jouer comme un *compresseur de modulation* (d'amplitude) dont le taux varie avec la fréquence et l'intensité de la courbe enveloppe. C'est ainsi que se noient bon nombre d'informations-détails sur des signaux forts *fff* ou faibles *ppp*.

Le relief du grain ou plus généralement la « modulation fine » varie avec la fréquence (les grains d'extrême-aigu ou d'extrême-grave sont rarement reproduits) et le *niveau* (les fréquences modulées à fort niveau — le corps des notes — « démodulent » les fréquences modulantes — le grain et l'allure).

D'où le soin à apporter aux câbles (petits signaux du préampli, forts signaux des haut-parleurs), aux alimentations (stabilités des tensions malgré la labilité du courant), aux condensateurs (vitesse de charge et de décharge sur un signal complexe) aux fréquences de coupure — haute et basse — de chaque circuit.

### Equilibre tonal

— Courbe de réponse équilibrée des enceintes, quel que soit le niveau demandé. (Loi des 400 000). Haut-parleurs homogènes en dynamique, en puissance acoustique... obtenue sans distorsion ( $< 1\%$ ).



Edvard Munch « Le cri », 1893. Huile sur toile 140,5 x 135, Oslo. Nasjonalgalleriet.

(11) La musique est un art du temps, de la mémoire : attente et souvenir, reprise et variation. L'éphémère y est atténué par la répétition. La forme musicale jaillit, évanescence et se dissipe, aussitôt remplacée par celle qu'elle engendre. Et c'est dans ce mouvement qu'elle est énergie vivante, énergie rythmée par le sou-

venir et l'attente.

(12) C'est justement l'enregistrement qui permet d'échapper à la « contingence » du concert et à l'écoulement irréversible de l'œuvre jouée. Ecouter, réécouter, écouter encore. Jouer avec le temps, jouer à remonter le fleuve, retrouver ses îles.

— Câbles ne favorisant aucune région spectrale.

— Amplis et alimentations sans zones formantiques.

— Dégradé régulier de la distorsion harmonique résiduelle.

L'équilibre tonal est fortement influencé par le champ diffus (*plus important que le champ direct*) de la pièce d'écoute. Ce champ diffus, homogène, dépend à son tour de la directivité régulière des enceintes, du grave à l'aigu. (Cf. diagrammes polaires et polychroïsme).

### Espace

— Le traitement du local (champ semi-réverbéré sans couleur propre) favorise la lisibilité.

— La directivité homogène des enceintes étale convenablement la rampe stéréophonique et aide à la **diffusité**.

— Le déphasage minimal dans la zone 120-1500 Hz assure une bonne localisation des sources ; cela suppose une maîtrise du filtrage électrique ou électronique.

— La stabilité des plans sonores est due, semble-t-il, aux qualités du filtrage et à la dispersion spatiale cohérente. Mais elle dépend aussi du comportement de l'amplificateur sur les petits signaux ou sur les *filés d'extinction*. La pente d'amplification, étage par étage, la contre-réaction générale, l'amortissement des haut-parleurs interviennent sur l'**ambiance** (impression d'air autour, qualité des retours au silence).

Telles seraient les qualités premières d'une machine à projeter la musique à domicile. Peut-on les hiérarchiser ? Sans doute. Mais c'est à chaque auditeur de le faire, selon son goût et sa sensibilité, sans s'obnubiler sur un seul critère. Par ailleurs, la diversité des musiques (et des univers qu'elles ouvrent) nous incitent à la souplesse... et à un classement adaptatif. A chacun d'y trouver son miel, selon ses attaches musicales (13) !

*L'écoute (presque) parfaite de la musique, aujourd'hui indéfiniment reproductible, nous procure la joie sans l'angoisse née du caractère éphémère de la joie. Entre souvenir et attente, elle fait revivre sans inquiétude ce qui est enfoui en nous. A l'unisson du compositeur ou de l'interprète, elle nous fait connaître — à volonté — de grands moments. Protestation contre l'écoulement irréversible du temps, elle nous ramène à nos origines, à l'enfant intérieur. Née du silence, elle y retourne après avoir éveillé nos plus profondes émotions.*

(13) Qui empêcherait Echo (l'audiophile perfectionniste, épris de sonorités) d'aller s'installer chez les Muses ? Ayant traversé l'insatiable miroir, Echo se ferait porter par Calliope, muse de la belle voix, jusqu'au jardin d'Harmonie, loin des maux et des soucis. S'abandonnant, il goûterait l'enchantement musical, près de l'Olympe neigeux...

### Bibliographie indicative

- Castarède Marie-France **La voix et ses sortilèges**. *Belles Lettres*, Paris 1987.

- Winckel Fritz **Vues nouvelles sur le monde des sons**. *Dunod*, Paris 1960.

- Chion Michel **Guide des objets sonores**. *Buchet/Chastel*, Paris 1983.

- **Pour la Science. Sons et Musique**, recueil d'articles. *Belin*, Paris 1980.

- Bernhart José **Traité de prise de son**. *Eyrolles*, Paris 1949.

- Ceoen Carl **La stéréophonie à la R.T.B.** *Publications de l'U.E.R.*, Bruxelles 1969.

- Leipp Emile **Acoustique et musique**. *Masson*, Paris 1982.

- Lehmann R. **Éléments de physio et de psychoacoustique**. *Dunod*, Paris 1969.

- Pierce Jhon R. **Le son musical**. *L'univers des sciences*, *Belin*, Paris 1987.

- Carterette-Hearing **Handbook of perception**. *Academic Press*, New York 1978.

- **Conférences des Festivals du son**. *Editions Chiron*, *Editions Radio*, Paris.

- Buser Pierre, Imbert Michel **Audition**. *Hermann*, Paris 1987

- **Les Techniques du Son - Tomes 1 et 2**, *Editions Fréquences*, Paris 1987-1988.

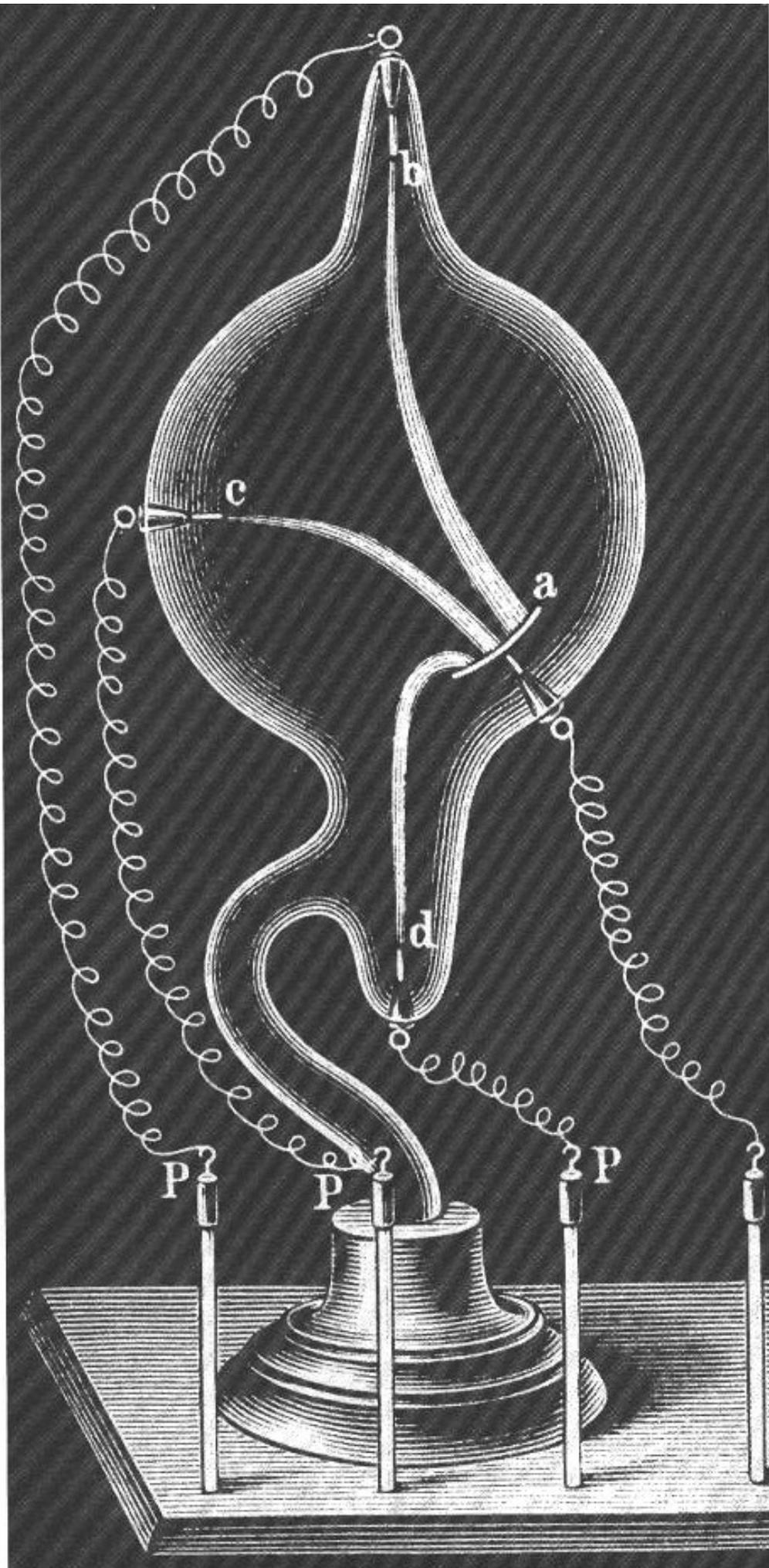
\*\*\* **Compact-disque : Les Techniques du son - « le disque »**. *Distribution Aavidis*.

**Page non  
disponible**

# PERMANENCE le point

**I**l y a un an, en même temps que la sortie du numéro de *L'Audiophile* « Spécial Tube 87 », une manifestation collégiale « Permanence du Tube Expo 87 » patronnée par la *Nouvelle Revue du Son* et *L'Audiophile* se tenait à l'hôtel Novotel Porte de Bagnolet. Ces deux initiatives rencontrèrent un succès considérable démontrant tout l'intérêt que portent les « audiophiles » pour les réalisations à lampes dont les qualités de musicalité sont indéniables. De plus au cours de cette manifestation, une rétrospective des anciennes réalisations à tubes au sein d'un « musée actif », jumelé à des conférences menées par les concepteurs les plus renommés de circuits « à lampes » soulevaient l'enthousiasme des visiteurs (que nous évaluons à 3 000). La participation très active de l'ensemble des constructeurs et distributeurs de matériels à tubes contribuèrent à cet incontestable succès.

De nombreux visiteurs étrangers, fabricants d'électroniques à tubes non encore présents sur notre marché, nous ont encouragés à renouveler cette exposition afin d'y participer activement. Les journalistes anglais et américains de



# PERMANENCE DU TUBE

## 88

la presse spécialisée ont salué l'originalité de cette manifestation et ont souligné la tenue des démonstrations.

Après discussions et après avoir pris de nombreux contacts durant l'automne, nous prenions la décision de renouveler l'expérience de ce salon tous les deux ans. En effet, l'attrait de ce type de manifestation est directement lié à l'évolution des produits et nous ne pensions pas être à même d'apporter un « plus » significatif cette année par rapport à notre excellente expérience de l'année dernière. De plus, le lancement de la nouvelle formule de la revue mobilisa beaucoup d'énergies et il est bon quelquefois de ne pas vouloir se disperser...

Pendant, nous tenions à souligner l'aspect fort de la permanence de la technologie tube en audio. Laquelle, rappelons-le, échappe à l'inéluctable loi de l'obsolescence qui régit l'histoire des techniques. Ainsi, grâce à la très cordiale et active collaboration de l'ensemble des fabricants et distributeurs d'électroniques à tubes, nous avons imaginé une présentation sous forme de fiches techniques des matériels à tubes qui soit un reflet de la situation en 88 pour le marché

français. Les électroniques hybrides ont été intégrées à ce petit panorama car nous pensons que la démarche d'esprit des concepteurs de ce type d'appareils est extrêmement proche de celle du tube. Un très bon exemple en est donné dans ce numéro avec le préamplificateur Audio Research SP 15, il n'utilise en fait que trois tubes, la quasi-totalité des composants actifs étant des transistors à effet de champ. Comme le souligne Héphaïstos dans son analyse du circuit : « Ces schémas semblent avoir été conçus, même s'ils utilisent beaucoup de transistors, dans l'esprit des circuits à tubes : tension élevée, contre-réaction locale importante. On sent que le concepteur est très loin des habitudes de penser des concepteurs de circuits intégrés, analogiques, qui ont envahi la conception analogique. » C'est à notre sens un commentaire pertinent : l'approche « tube » dépasse le fait d'utiliser un tube mais est plutôt une philosophie de conception. Laquelle, on ne peut le nier, a fait ses preuves sur le plan de la qualité d'écoute.

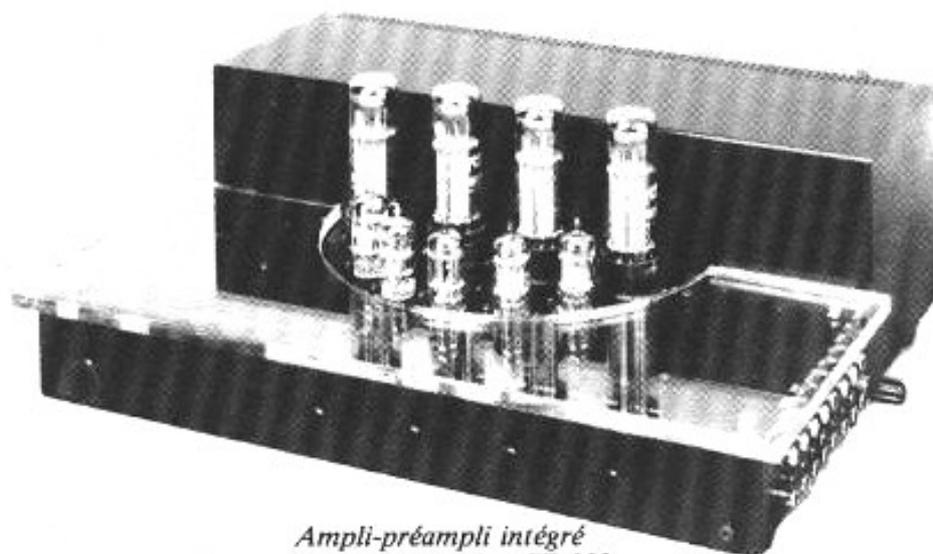
En vous donnant rendez-vous pour Permanence du Tube, Expo 89...



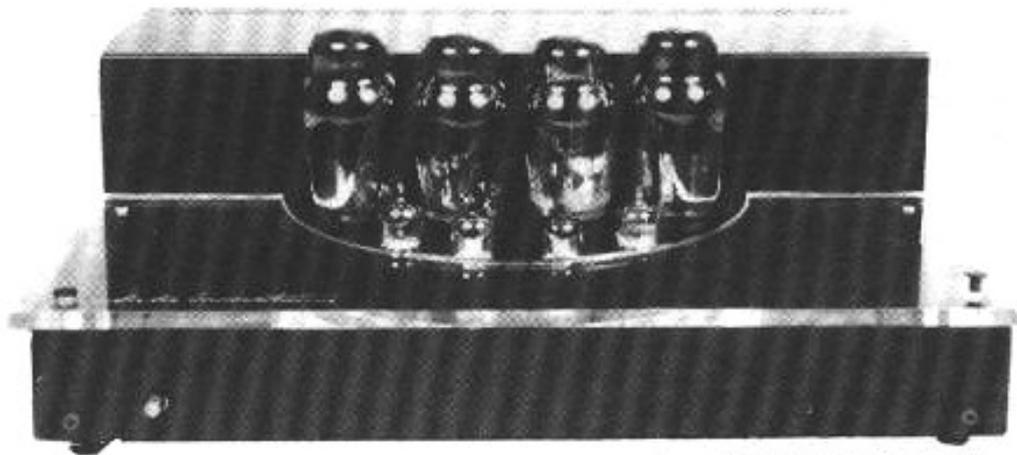
# PERMANENCE DU TUBE le point 88

## Audio Innovations

La société anglaise Audio Innovations est la seule à proposer des intégrés ampli-préampli à tubes SE 500 et SE 400 ainsi qu'une toute nouvelle gamme d'amplis en classe A autour de tubes triodes à chauffage direct pour une musicalité sans compromis. Pour les intégrés SE 500 et SE 400, les étages phono utilisent des double triodes avec filaments alimentés en continu dans une configuration à deux étages dépourvus de contre-réaction, entre lesquels prend place la correction de gravure RIAA passive à partir d'un réseau résistif-capacitif. Les étages d'amplification sont composés d'un circuit amplificateur de tension (ECC 82) relié au déphaseur de type para-phase modifié avec double triode (ECC 82) couplé aux grilles des tubes de puissance (EL 34). Pour le préamplificateur 1000, l'alimentation fait appel à une très sophistiquée régulation à tubes pour chaque étage et l'alimentation générale. Les circuits audio à tubes travaillent en pure classe A avec une très haute tension pour produire la linéarité nécessaire (chaque tube est sélectionné et calibré individuellement). Le câblage est effectué en « l'air » (pas de circuit imprimé) pour une meilleure qualité musicale. La nouvelle gamme d'amplificateurs travaille en pure classe A (consommation constante : chaque moitié du push-pull amplifie le signal symétriquement jusqu'à pleine puissance ; sur toute charge de 1 à 16  $\Omega$  la puissance est maintenue). De plus, des essais à partir de triode (845) ont démontré une linéarité et une musicalité nettement supérieures aux montages de pentodes et à transistors. Aussi, les nouvelles unités de puissance d'Audio Innovations ont comme caractéristiques communes : un fonctionnement en pure classe A jusqu'à la puissance maxi avec écrêtage symétrique ; pas de boucle de contre-réaction globale, et à partir du Third Audio Amplifier pas de contre-réaction locale ; un câblage en l'air pour ne pas avoir les influences négatives des circuits imprimés ; des capacités de couplage (papier bobiné à la main) fabriquées selon les spécifications Audio Innovations ; transformateurs de sortie étudiés et bobinés selon un cahier des charges très rigoureux pour obtenir la plus large réponse en fréquence possible, la meilleure dynamique et la plus haute résolution ; capacités électrochimiques à faible résistance série et forte capacité en courant ; à partir du modèle Third Audio Amplifier, circuit entièrement symétrique, S.R.P.P. push-pull avec push-pull parallèle, entrée ligne symétrique 600  $\Omega$ , transformateur d'entrée commutable, inverseur de phase et transformateurs drivers.



Ampli-préampli intégré  
à tubes SE 500.



*Amplificateur mono triode  
The Second Audio Amplifier*

*Audio Innovations* présente

**Intégrés**

**SE 500** : tubes (4 x (EL34) 1 x (PCC88) 4 x ECC83)). **Puissance** : 2 x 20 W. **Distorsion par harmoniques** : 0,15 %.  
**Sensibilité** : entrée phono MM 3,6 mV. **Rapport signal/bruit** : 76 dB. **Prix** : 12 800 F.

**SE 400** : mêmes spécifications que pour le SE 500, sauf puissance moindre 2 x 12 W, circuit classe A pentode EL 34 sans contre-réaction. **Prix** : 8 800 F.

**Préamplificateurs**

**Série 1000** : entrée phono, correction RIAA passive. **Sensibilité** : 5 mV. **Rapport signal/bruit** : 86 dB.

**Amplificateurs travaillant en pure classe A**

**The First Audio Amplifier** stéréo. **Puissance** : 2 x 7,5 W. Tube de sortie 6B4G.

**The First Audio Amplifier** mono. **Puissance** : 7,5 W. Tube de sortie 6B4G.

**The Second Audio Amplifier** mono. **Puissance** : 15 W. Tube de sortie 6B4G.

**The Third Audio Amplifier** mono. **Puissance** : 20 W. Tube de sortie 801A.

**The Fourth Audio Amplifier** mono. **Puissance** : 50 W. Tube de sortie 845.

**The Nova** mono. **Puissance** : 100 W. Tube de sortie 845.

**The Super Nova** mono. **Puissance** : 100 W. Tube de sortie 845.

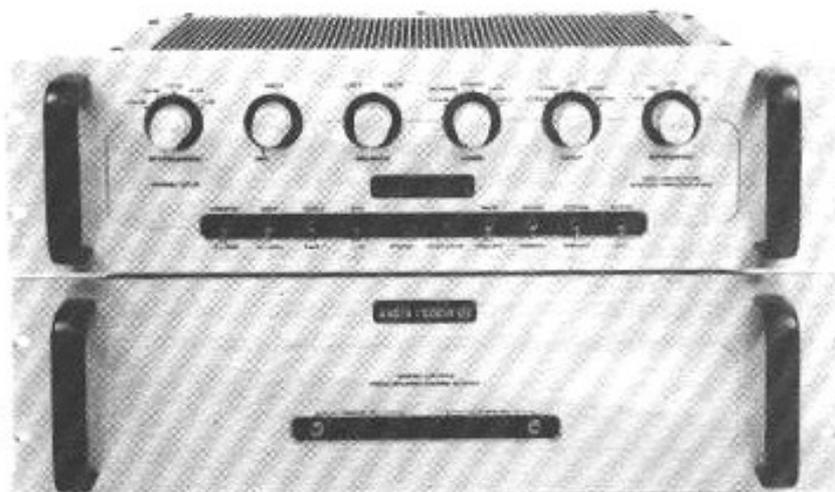
Euraudio Development 11-13 rue Pleyel 93200 Saint Denis. Tél : 42.43.37.75.

# audio research

Dans les années 70, alors que tous les grands constructeurs s'étaient convertis à l'amplification à transistors, la firme de Minneapolis Audio Research lança sur le marché des électroniques à tubes qui firent immédiatement la différence à l'écoute, saluées unanimement par toute la presse underground US. L'originalité des schémas, les alimentations à régulations très sophistiquées, les circuits de puissance travaillant avec des tensions élevées, le déphaseur à source croisée, la qualité des composants passifs étudiés et réalisés spécialement, autant de paramètres qui ont permis aux électroniques Audio Research d'être l'un des points de référence mondiale en matière de musicalité. Après les montages totalement à tubes, la dernière génération de préamplis et d'amplis s'est tournée vers des circuits hybrides transistors-tubes, où le meilleur des deux techniques a été utilisé. Dans l'article des Muses d'Or décernées au SP-15, dans le présent numéro, vous pourrez découvrir toutes les spécifications ainsi que l'originalité des circuits du préampli SP-15 qui concourent à sa musicalité exceptionnelle. Pour les amplificateurs, on retrouve là aussi le principe du montage hybride avec par exemple, pour le D 125, un étage d'entrée à partir de Fet et l'étage de sortie à double push-pull de 6550. Un nouveau circuit dit « tubes saver » protège les circuits de tout risque de surcharge ou de conditions anormales qui pourraient détériorer les tubes. Des ventilateurs silencieux assurent un refroidissement des bancs de tubes disposés à l'horizontal. Sur le M-300, on retrouve la même configuration de transistors Fet à l'entrée combiné avec le fameux circuit breveté Audio Research à couplage croisé pour obtenir une stabilité exemplaire ainsi qu'une excellente fiabilité. Autre circuit breveté Audio Research, l'étage de sortie utilisant des tubes dont les cathodes sont partiellement couplées, mais avec les grilles écran opérant avec un signal en tension précisément en phase avec la tension de cathode. Le véritable fonctionnement en pentode et le rendement obtenu par ces circuits brevetés présentent de nombreux avantages : un rendement élevé de l'ordre de 60 %, un transformateur de sortie avec moins de tour de bobinage et de ce fait une meilleure bande passante (rapport d'impédance plus faible), une suppression partielle des effets de saturation du courant continu dans le noyau du transformateur de sortie, les phénomènes de distorsion de croisement virtuellement éliminés se rapprochant ainsi des vertus de la classe A, l'ajustage du courant de polarisation devient moins critique et l'appairage des tubes de sortie est moins nécessaire, enfin l'impédance interne est plus basse ce qui améliore la tenue des charges complexes. Pour les « Classic » 150, on retrouve le même principe de fonctionnement mais avec des tensions plus faibles avec système de temporisation très sophistiqué.



Amplificateur Classic 150



Préamplificateur SP-15

## audio research présente

### Préamplificateurs

**SP 9** : tubes (2 x (6DJ8/ECC 88)). **Gains** : phono : 66 dB, haut niveau 20 dB. **Bande passante** : phono :  $\pm 0,3$  dB de 30 Hz à 40 kHz, haut niveau  $\pm 0,5$  dB de 5 Hz à 50 kHz. **Niveau maximum de saturation** : phono : 200 mV haut niveau : insaturable. **Rapport signal/bruit** : phono : 78 dB, haut niveau : 98 dB. **Prix** : 21 800 F

**SP 11 Mark II** : tubes (6 x (6DJ8/ECC 88)). **Gains** : phono : 75 dB, haut niveau : 29 dB. **Bande passante** : phono :  $\pm 0,2$  dB de 20 Hz à 40 kHz, haut niveau :  $\pm 1$  dB de 0,2 Hz à 100 kHz. **Niveau maximum de saturation** : phono : 350 mV, haut niveau : 25 V. **Rapport signal/bruit** : Phono : 76 dB, haut niveau : 110 dB. **Prix** : 64 280 F

**SP 15** : tubes (3 x (6DJ8)). **Gains** : phono : 75 dB, haut niveau : 29 dB. **Rapport signal/bruit** : phono : 76 dB, haut niveau : 110 dB. **Bande passante** : phono :  $\pm 0,2$  dB de 20 Hz à 40 kHz, haut niveau :  $\pm 3$  dB 0,1 Hz à 200 kHz. **Niveau maximum de saturation** : phono : 350 mV à 1 kHz, haut niveau : 25 V. **Prix** : 77 000 F.

### Amplificateurs

**D 70 MKII** : tubes (5 x (6550) 1 x (12AX7) 3 x (6DJ8/ECC 88) 4 x (6FQ7/6CG7)). **Puissance** : 2 x 60 W. **Distorsion par harmonique** : inférieure à 0,1 %. **Rapport signal/bruit** : 85 dB. **Prix** : 25 700 F

**D 115 MK II** : tubes (9 x (6550) 1 x (12AT7) 3 x (6DJ8) 4 x (6FQ7)). **Puissance** : 2 x 100 W. **Distorsion par harmoniques** : inférieure à 0,05 %. **Rapport signal/bruit** : 90 dB. **Prix** : 38 500 F

**D 125** : tubes (8 x (6550)). **Puissance** : 2 x 110 W. **Distorsion par harmonique** : 0,05 %. **Rapport signal/bruit** : 90 dB. **Prix** : 57 250 F

**D 250 MKII** : tubes (16 x (6550) 4 x (6550) 2 x (12AT7) 4 x (6DJ8) 4 x (7044) 2 x (6FQ7)). **Puissance** : 2 x 240 W. **Distorsion par harmonique** : inférieure à 0,005 %. **Rapport signal/bruit** : 90 dB.

**Classic 150** : tubes (8 x (6550)). **Puissance** : 1 x 150 W. **Distorsion par harmonique** : 0,03 %. **Rapport signal/bruit** : 100 dB. **Prix** : 64 300 F l'unité.

**M 300** : tubes (16 x (6550)). **Puissance** : 1 x 300 W. **Distorsion par harmonique** : 0,005 %. **Rapport signal/bruit** : 90 dB. **Prix** : 70 700 F l'unité

Europe Audio Diffusion 16 quai Aspirant Herber 34200 Sète. Tél. 67.74.70.23

# BEARD

Le constructeur anglais Beard fait preuve de nombreuses originalités dans la réalisation de ses préamplis et amplis à tubes. Ainsi, pour le préampli CA 506, on ne trouve pas moins de trois alimentations régulées, une charge active à transistors pour tous les tubes, le principe de montage cathode follower pour les étages ligne et phono, une correction RIAA de type active dans le grave et passive pour le médium et l'aigu, et pour toutes les entrées un réglage de volume soit passif, soit actif, avec deux possibilités de gain. On retrouve sur le préampli CA 35 nombre de ces caractéristiques avec un étage phono universel MM MC faisant appel pour les cellules MC à des petits transformateurs adaptateurs totalement blindés et circuit d'entrée de type S.R.P.P. Pour les amplis de puissance, Beard est fidèle au fonctionnement en pure classe A à toute puissance, au principe de polarisation automatique, au montage ultra-linéaire et suivant les modèles au triple ou sextuple push-pull de EL 84 (P 35 et M 70) ou triple push-pull KT 88 (P 1000).



Préampli CA 35

## BEARD présente

### Préamplis

**CA 506** : Entrées phono : sensibilité (haut gain) MC : 0,1mV/MM : 0,4 mV (gain bas) MC : 0,2 mV/ MM : 0,8 mV. Rapport signal/bruit : phono MM/MC : 70 dB ligne : 85 dB. Niveau de sortie maxi : 80 V/ 100kΩ. Prix : 25 500 F.

**CA 35 Bambino** : entrées phono. Sensibilité : MC : 0,15 mV MM : 1,2 mV. Rapport signal/bruit : phono MM/MC 72 dB, ligne : 78 dB. Niveau de sortie maxi : 45 V/100 kΩ. Prix : 11 990 F.

### Amplificateurs

**P 35 « Baby Beard »**. Puissance : 2 x 35 W. Tubes (2 x (ECC 81) 12 x (EL 84)). Bande passante : 5 Hz à 50 kHz + 0dB - 1 dB. Rapport signal/bruit : 90 dB. Sensibilité d'entrée : 775 mV/680 kΩ. Poids : 21 kg. Prix : 16 900 F.

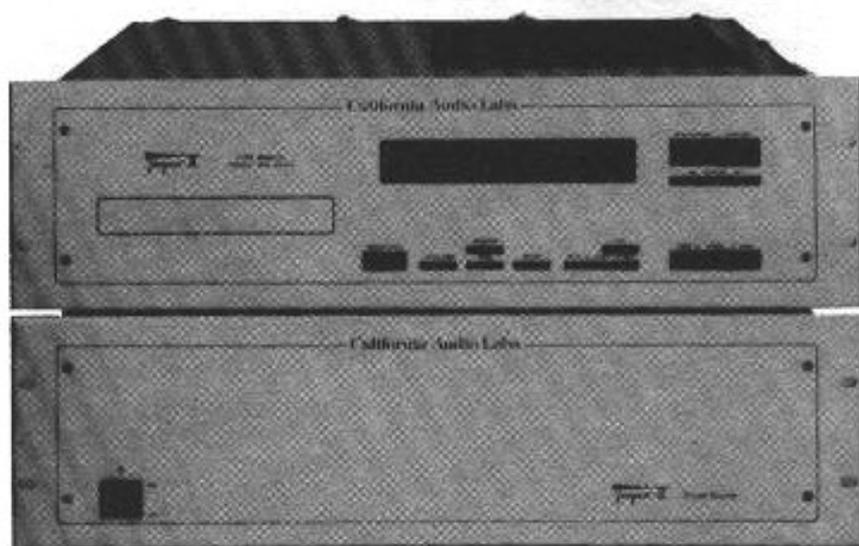
**M 70 MKII** : bloc mono : 70 W. Tubes (2 x (ECC 81) 12 x (EL 84)). Bande passante : 5 Hz à 50 kHz + 0 dB - 1 dB. Rapport signal/bruit : 90 dB. Sensibilité d'entrée : 775 mV/680 kΩ. Poids : 21 kg. Prix la paire : 43 950 F.

**P 1000** : 2 x 100 W. Tubes (12 x (KT 88) 10 x (ECC 81)). Bande passante : 5 Hz à 50 kHz - 1 dB. Rapport signal/bruit : 95 dB. Prix : 49 990 F.

J.L.B. Monitor Systems 20 avenue du 11 novembre - BP 39 76440 Forges les Eaux. Tél. 35.90.54.79 ou 35.09.84.03

# California Audio Labs

La firme américaine California Audio Labs est la seule depuis trois ans à commercialiser des lecteurs CD avec une section de traitement du signal analogique à tubes. Le *Tempest II* se présente en deux coffrets, l'un renfermant l'alimentation (très sophistiquée, pas moins de sept régulations indépendantes pour obtenir une absence totale d'inter-réactions entre les différents étages en plus de celle des canaux droit et gauche) et l'autre la mécanique, les circuits de décodage et de traitement du signal. Sur les lecteurs CD « classiques », à la sortie du convertisseur, on trouve, la plupart du temps, un petit circuit intégré (ampli opérationnel) qui dégrade passablement la musicalité. Ce circuit est en fait un convertisseur courant/tension. Sur le *Tempest II* cette conversion courant/tension s'effectue à partir d'un montage à tubes triodes E88CC (type professionnel à broches dorées, spécialement triés) travaillant en classe A avec absence de contre-réaction globale mais correction active selon un brevet California Audio Labs. Ensuite le filtrage est passif. Les condensateurs de liaison ont été abolis pour réaliser un couplage en continu, une protection très sophistiquée a été étudiée pour rejeter tous risques de passage de courant continu à la sortie.



Lecteur CD à tubes *Tempest II*.

## California Audio Labs présente

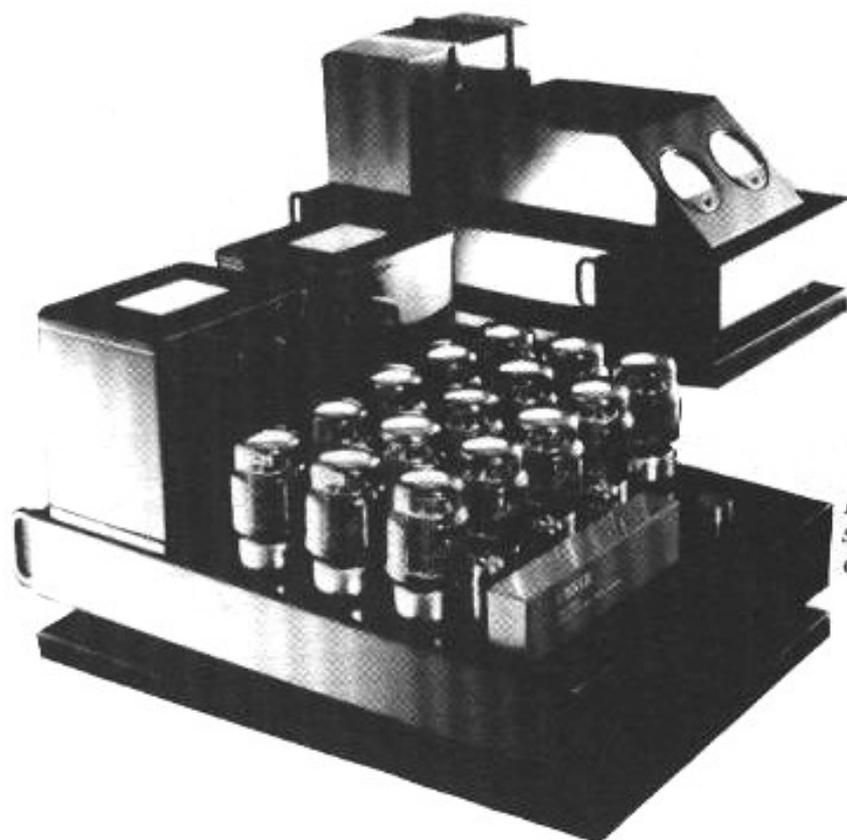
### Lecteur CD à tubes

**Tempest II** : lecteur CD 16 bits, quadruple suréchantillonnage, diode laser et système de focalisation monté sur bras galvanométrique, section analogique à tubes (6 x (E88CC)). Filtrage passif. Alimentation dans coffret indépendant, sept régulations. **Programmation** : 250 plages dans l'ordre que l'on désire. **Télécommande** : à distance par infrarouge. **Prix** : 42 900 F.

Audio Quartet SA 2, rue de Penthièvre 75008 Paris. Tél : 47.42.04.05

# CARVER

Bob Carver est l'un des plus brillants concepteur de circuits audio, souvent originaux (voir rubrique Rencontre dans le présent numéro). Devant la « mauvaise foi » de certains critiques de revues américaines Underground, il s'est « fâché » et a réalisé ce qu'il considère comme l'ampli de Référence, celui sur lequel il n'y aurait plus rien à dire ni à « redire ». Ainsi est né l'incroyable ampli de puissance monophonique à tubes Silver Seven où tout a été étudié sans aucun souci économique « no cost object » dans le seul but d'une musicalité qui ne puisse être prise en défaut, même sur des charges très difficiles. Le deuxième but de cette « création monumentale » est aussi de démontrer qu'en appliquant la fonction de transfert du Silver Seven à un ampli de type « Magnetic Field », on obtient des résultats musicaux très proches, sous un poids, un encombrement et surtout un prix sans commune mesure. Le Silver Seven, sur bien des points, dépasse l'entendement : par blocs mono, deux châssis indépendants, l'un renfermant l'alimentation, l'autre les étages de puissance et le transformateur de sortie. Poids 75 kg (150 kg en stéréo), bases en granit anti-vibration montées sur quatre pieds amortisseurs. Sept push-pull parallèles de KT 88 ou 6550 (14 au total + 1 de régulation). Transformateurs de sortie de type ultra-linéaire avec enroulements primaires en fil de cuivre pur, enroulements secondaires en fil d'argent ! Capacités Wonder Cap, interconnexions Van Den Hul en argent, câblage interne avec soudure argent, etc.



Bloc mono Silver Seven avec son alimentation sur le deuxième châssis en retrait.

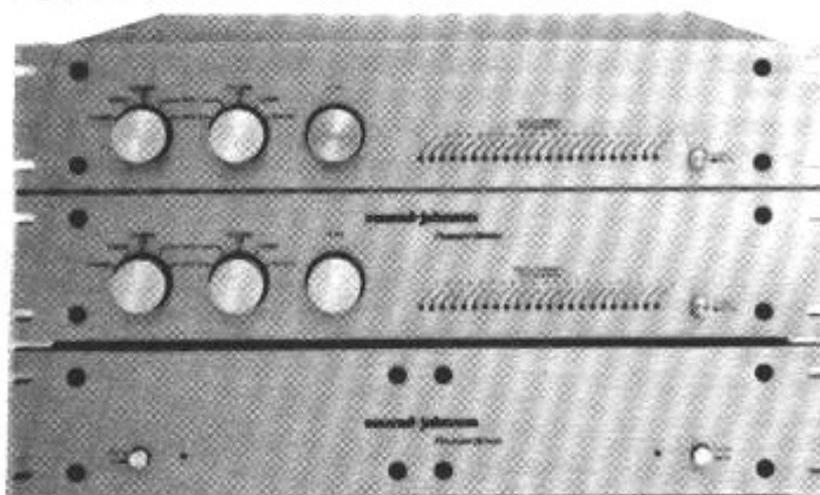
## CARVER présente

**Silver Seven** ampli mono à tubes (15 x (KT88/6550)). **Puissance** : 375 W minimum dans 8 Ohms de 20 Hz à 20 kHz avec moins de 0,5 % de distorsion (625 W à l'écrêtage à 1 kHz). **Possibilité en courant** : supérieur à 35 A avec 1 Ohm de charge. **Bande passante** : de 1,5 Hz à 100 kHz. **Rapport signal/bruit** : supérieur à 110 dB en pondéré A. **Prix** : 326 000 F la paire.

Cineco : 72, Ave des Champs-Élysées 75008 Paris. Tél. 43.59.61.59.

# conrad johnson

Les électroniques américaines à tubes Conrad Johnson, depuis plus de 10 ans, sont citées comme point de référence pour leur écoute musicale. Rien d'étonnant à cela quand on se penche sur la configuration des circuits relativement simples, avec seulement quelques étages actifs se rapprochant du fil droit avec du gain. Le circuit d'entrée s'effectue à partir d'une triode couplée à une cathode follower qui attaque un différentiel inverseur de phase, pour driver l'étage final de sortie push-pull sous faible impédance et de manière symétrique. Cet étage de puissance travaille suivant le principe ultra-linéaire pour obtenir des niveaux de puissance élevés tout en réduisant l'impédance de source. Les préamplis Conrad Johnson, ont toujours une alimentation surdimensionnée avec des circuits indépendants de régulation. Les étages de gain pour les entrées phono sont montés en cascade et le troisième en cathode follower.



Préamplificateur Premier Seven

## conrad johnson présente

### Préamplificateurs

**PV-7** : tubes (3 x (12AX7) 2 x (12AT 7)). **Entrée phono** : gain 40 dB, niveau de saturation 500 mV. **Rapport signal/bruit** : 72 dB. Niveau de sortie nominal : 2,5 V maxi : 25 V, impédance 200  $\Omega$ . **Prix** : 9 500 F.

**PV-8** : tubes (2 x (12AX 7) 2 x (5751) 2 x (5965)). **Entrée Phono** : gain 47 dB, niveau de saturation 200 mV. **Rapport signal/bruit** : 76 dB niveau de sortie maxi : 20 V. **Prix** : 22 000 F.

**PV-9** : tubes (2 x (12AX 7) 3 x (5751) 2 x (5965)). **Entrée phono** : gain 47 dB niveau de saturation : 200 mV. **Rapport signal/bruit** : 79 dB. Niveau de sortie maxi : 20 V. **Prix** : 38 000 F.

**Premier Seven** : préampli sans compromis, construction double mono avec alimentation indépendante dans un troisième coffret. Tubes (12 simples triodes). **Entrée phono** : gain 40 dB. Niveau de saturation : 150 mV. **Rapport signal/bruit** : 80 dB. Niveau de sortie maxi : 20 V. **Prix** : 105 000 F.

### Amplificateurs de puissance

**MV-50** : tubes (4 x (EL 34) 2 x (5751) 2 x (6FQ 7)). **Puissance** : 2 x 45 W. **Sensibilité** : 0,8 V. **Prix** : 22 000 F.

**MV-100** : tubes (8 x (EL 34) 2 x (5751) 2 x (6FQ 7)). **Puissance** : 2 x 90 W. **Sensibilité** : 0,875 V. **Prix** : 38 000 F.

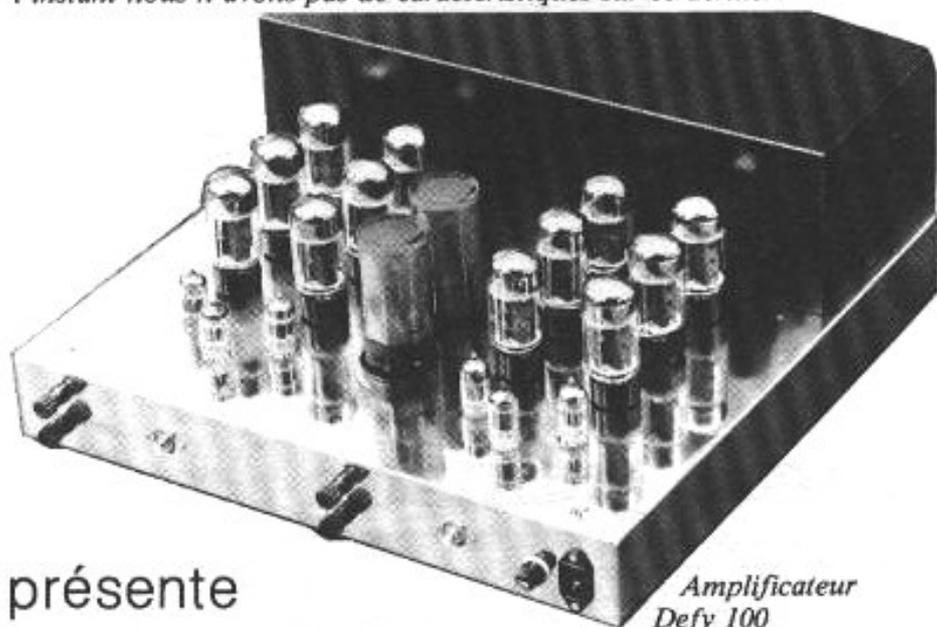
**Premier One B** : tubes (12 x (EL 34) 2 x (5751) 4 x (6QF 7)). **Puissance** : 2x 150 W. **Prix** : 76 000 F.

**Premier Five** : 1 x 200 W (8 x (EL 34) 2 x (5751) 2 x (6FQ 7)). **Sensibilité** : 0,8 V. **Prix** : 98 000 F (la paire).

Conrad Johnson France : 35, Square des Marronniers 78870 Bailly. Tél. (1)34.62.56.94.

# Jadis - DEFY

Distribués dans le monde entier, les électroniques Jadis sont désormais reconnues comme étant l'un des symboles des réalisations françaises de prestige. Ne se reposant aucunement sur leur acquis, les deux concepteurs de Jadis ont récemment fait évoluer le JA 200 qui hérite depuis quelques mois d'un nouvel étage d'entrée ainsi que d'un nouveau quintuple push pull d'EL34 en lieu et place des KT 88. Le nouvel étage d'entrée est réalisé à partir d'une ECC 82 montée en déphaseur de Schmidt selon une configuration Jadis dérivée du montage de type Loyez. L'une des particularités de ce constructeur réside dans la qualité sans compromis des transformateurs d'alimentation et de sortie qui sont bobinés et imprégnés à la main dans l'unité de production Jadis. Hormis l'ancienne gamme toujours au catalogue de nombreuses nouveautés sont annoncées : un nouveau JP 80 référence JP 80MC, un nouveau JP 30 référence JP 30MC, un nouveau préampli en quatre blocs JP 200 utilisant neuf tubes EF 86 par canal ainsi que des alimentations haute tension régulées par deux tubes EF 86 et EL 86, et en mars 89 un JA 400 utilisant pas moins de 12 tubes EL34 en sortie pour obtenir une puissance de 450 W. Jadis a aussi élaboré une gamme plus accessible d'amplificateurs à tubes sous la dénomination Defy. L'amplificateur Defy 100 reprend le principe du triple push-pull de EL 34 en sortie avec 3 doubles triodes à l'entrée. Un préampli DP 60 suivra début 89, pour l'instant nous n'avons pas de caractéristiques sur ce dernier.



Jadis - DEFY présente

Amplificateur  
Defy 100

## Préamplificateur

**JP 30** : tube (6 x (ECC83/12AX7) 5 entrées dont une PU MM

**JP 30MC** : tubes (6 x (ECC83/12AX7) + étage MC à transistors

**JP 80** : tubes (6 x (ECC83/12AX7))

**JP 80MC** : tubes (9 x (ECC83/12AX7)) + trois tubes pour entrée MC et une EF 86 et une EL 86

**JP 200** : tubes (9 x (EF86)) 2 (EL86)) par canal, entrée bobine mobile. **Prix** : 32 000 F

## Amplificateurs

**JA 200** : (blocs mono, alimentation séparée). Tubes (10 x (EL 34) 1 x (ECC 82) 1 x (ECC 81)). **Puissance** : 160 W classe A. **Sensibilité** : 1 V. **Rapport signal/bruit non pondéré** : 96 dB. **Prix** : 99 900 F la paire.

**JA 80** : puissance 60 W. Tubes : (8 x (EL 34)). **Prix** : 65 000 F la paire.

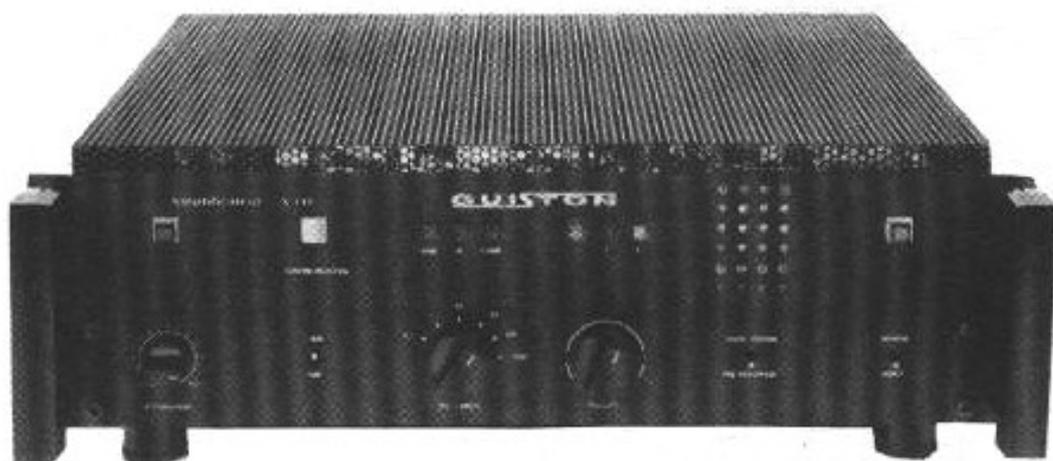
**JA 400** : disponible en Mars 1989. Tubes : (12 x (EL 34)). **Puissance** : 450 W classe A.

**Defy 100** : tubes : (12 x (EL 34) 6 x (12AX7)). **Puissance** : 2 x 100 W. **Bande passante à - 3 dB** : 15 Hz à 60 kHz. **Distorsion par harmonique à 50 W** : 1 kHz 0,15 %. **Sensibilité d'entrée** : 0,775 V. **Prix** : 29 900 F.

Tetra Distribution 8, rue Defly 06300 Nice. Tél. 93.62.20.97.

# GUISTON

Les électroniques françaises Guiston ne manquent pas d'originalité dans la configuration de leurs circuits. Ainsi, l'amplificateur A10 monophonique est de type O.T.L. sans transformateur de sortie. L'étage de puissance est réalisé à partir d'un push pull parallèle de EL 519. Ce tube penthode a été choisi pour son rendement (plus élevé que celui d'un tube triode), sa facilité à être drivé, et aussi, ce qui n'est pas le moins important, sa disponibilité. Cet étage de puissance bénéficie d'une polarisation automatique et alimentation symétrique. En fait il s'agit d'une double alimentation totalement symétrique dont le point milieu se trouve au même potentiel que celui de la masse. Une autre originalité réside dans le mode de fonctionnement qui peut être soit avec contre-réaction (taux très faible 6 dB) soit sans contre-réaction (brevet Guiston). Les étages précédents ceux de puissance sont alimentés séparément (trois transformateurs indépendants). Le fonctionnement peut être soit en classe A soit en classe AB selon la puissance et selon les valeurs de charge comprises entre 4 et 52 ohms. En façade on trouve l'indicateur de puissance, le réglage de volume, la mise en ou hors service de la boucle de contre-réaction, le réglage d'équilibrage de la symétrie ainsi que l'affichage permanent du bon fonctionnement des tubes et le réglage de sensibilité du crête-mètre.



Ampli O.T.L. Guiston A10

## GUISTON présente

### Amplificateur O.T.L.

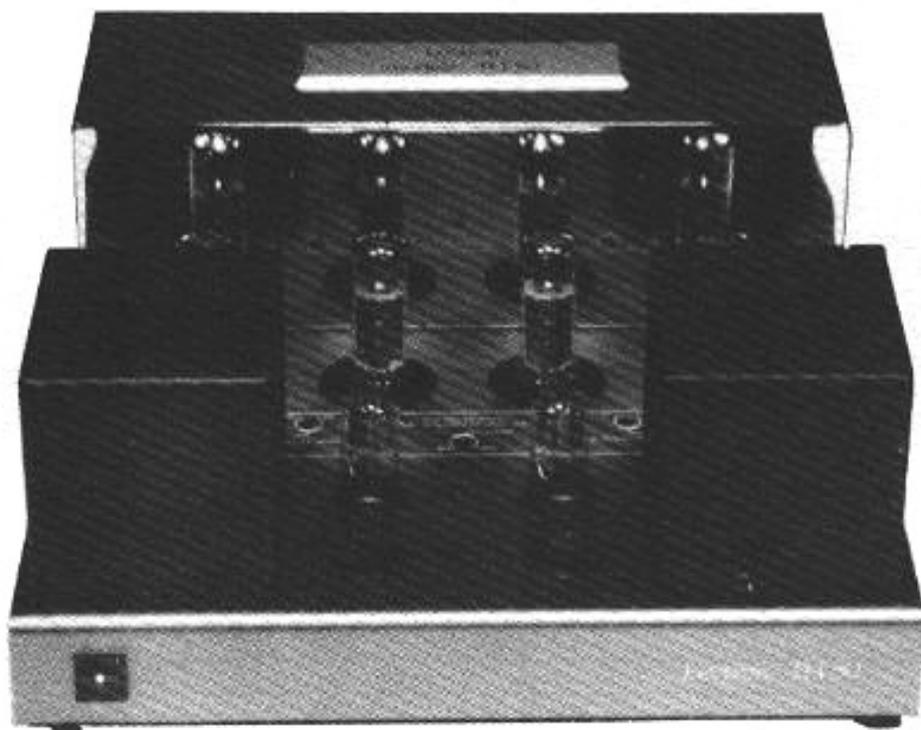
A 10 tube : (4 x (EL519) 1 x (ECC81) 2 x (ECC82)). **Puissance** : de 18 à 120 W selon classe de fonctionnement et charge. **Distorsion par harmonique** : 0,4 %. **Rapport signal/bruit** : 93 dB. **Temps de montée** : 2,1  $\mu$ s.

**Prix** : 79 800 F la paire

Hifiavie 17-19 rue Lambert - 75018 Paris. Tél : 42.55.01.63

# Lectron

La société française Lectron réalise l'amplificateur stéréophonique JH 50, basé sur un circuit à tubes original autour d'un push-pull de EL 34 parfaitement optimisé sur de nombreux paramètres. Si l'ensemble du circuit du JH 50 peut s'apparenter au montage Mullard ou Leak, on trouve cependant de nombreuses différences. Ainsi, le déphaseur de Schmitt a été corrigé afin d'obtenir des tensions de sortie symétriques et parfaitement déphasées sur une plage de fréquences très large de 3 Hz à 100 kHz. L'étage d'entrée est basé sur un tube pentode 6SJ7 avec une tension écran élevée 120 V pour une diminution sensible de la distorsion par effet d'élargissement des caractéristiques de plaque. Les tubes de ces deux étages travaillent dans des conditions idéales grâce à une alimentation stabilisée 390 V ultra-rapide à très faible bruit résiduel, chargée en sortie par une capacité de 100  $\mu$ F. Pour l'étage de puissance, les écrans des EL 34 sont reliés à une alimentation stable, avec une tension plus élevée par rapport aux valeurs courantes. Cet étage de puissance travaille en classe A jusqu'à 15 W puis en classe A-B « enrichie » au-delà. Le transformateur de sortie Partridge possède des performances très poussées. Le transformateur d'alimentation surdimensionné et le redressement très soigné de la haute tension, éliminent les pics de commutation. Pour éviter les effets microphoniques tous les tubes sont montés sur une contre-platine suspendue.



Ampli JH 50

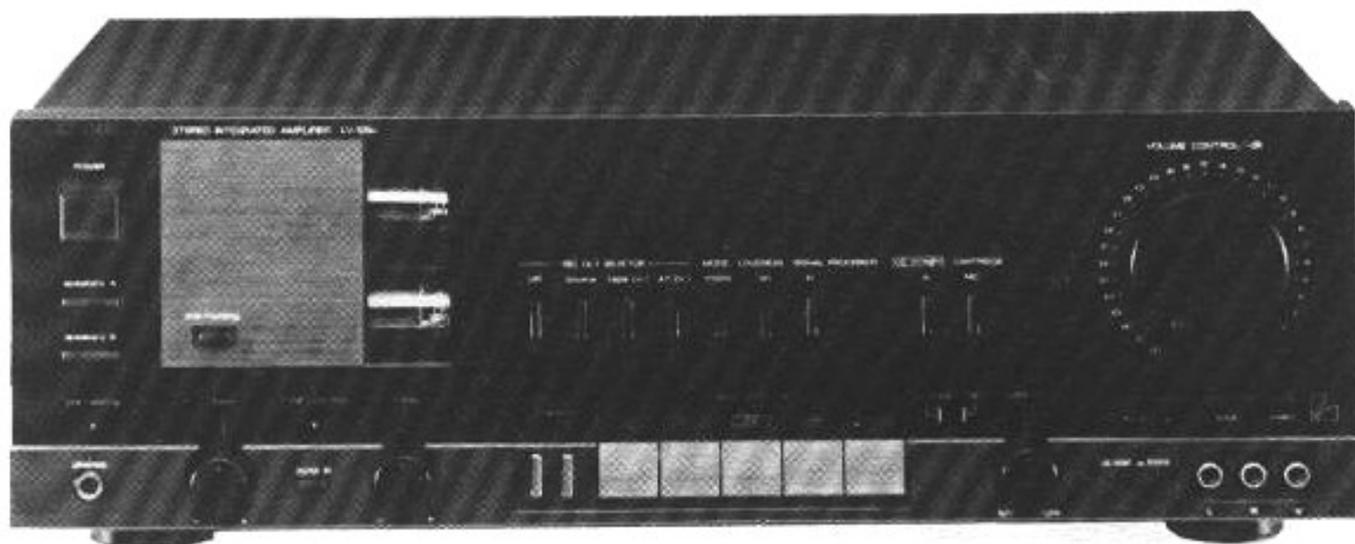
## Lectron présente

**JH 50** : tubes utilisés : (4 x (EL 34) 2 x (6SJ7) 2 x (6SN7)). **Puissance** : 2 x 50 W. **Distorsion par harmonique** : 0,02 % à 1 kHz. **Rapport signal/bruit** : 100 dBA. **Bande passante** : à - 3 dB à 1 W : 4 Hz à 105 kHz. **Temps de montée à 10 kHz** : 4  $\mu$ s. **Prix** : 19 900 F.

Lectron 1, Bld Ney 75018 Paris. Tél. 42.38.84.53.

# LUXMAN

Le constructeur japonais LUXMAN a proposé dès les années 40 ! des préamplis et amplis à tubes sans compromis, qui ont remporté un très vif succès auprès des audiophiles pour leur incomparable musicalité. Mais il a été aussi l'un des premiers à adopter le principe hybride tubes-transistors sur les intégrés LV 105 et LV 103, voici 3 ans, tirant le meilleur des deux techniques dans une configuration de circuit de fonctionnement très stable. Les dernières versions LV 105u et LV 103u conservent le montage avec les tubes prédrivers (6 FQ7) attaquant avec une tension élevée les drivers, Mos Fets, puis les transistors de puissance à très haute vitesse de commutation. L'alimentation, très sophistiquée, à base d'un transformateur à multiples enroulements secondaires, assure une indépendance entre les différents étages et diminue les interférences éventuelles. Il en va de même pour les lignes de masse de type étoile, configuration qui améliore considérablement le rapport signal/bruit. A titre indicatif, signalons que Luxman fabrique aussi un préampli à tubes CL 360 de haute précision, des amplis de puissance MQ 360 et le mythique MB 300 ampli monotriode construit autour du célèbre tube Western Electric 300B.



L'intégré hybride LV 105u

## LUXMAN présente

**105u** : ampli-préampli intégré hybride tubes-transistors 2 x 85 W. **Distorsion par harmoniques** : 0,008 %.  
**Entrées** : phono MM (2 mV/47 k $\Omega$ ) MC 150  $\mu$ V/100  $\Omega$ , ligne, CD, tuner, magnétophone, audio-vidéo : 150 mV/47  $\Omega$ . **Rapport signal/bruit** : ligne : 110 dB, phono MM : 90 dB. phono MC : 70 dB. **Prix** : 7 990 F  
**LV 103u** : mêmes spécifications que le LV 105u mais **puissance** : 2 x 65 W. **Prix** : 6 590 F

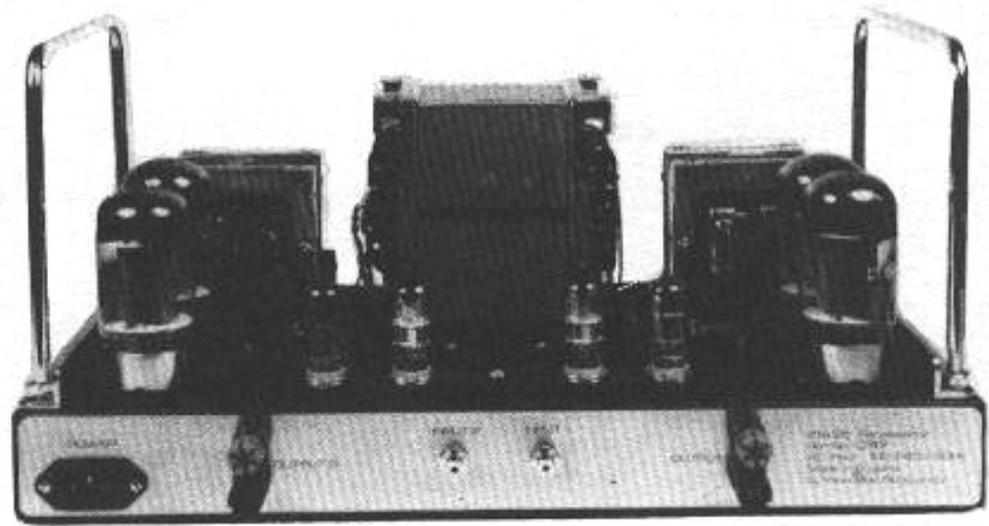
**Préampli CL 360** : à tubes 3 x (12A x 7) 5 x (12AU7) configuration SRPP avec transformateur d'alimentation à enroulements secondaires séparés. **Entrées** : Phono MM (1,8 mV) ligne (170 mV). **Prix** : 28 800 F

**Amplificateur MQ 360** : à tubes (4 x (6550) 2 x(6CG7) 2 x(12AU7)). **Puissance** : 2 x 40 W. **Distorsion par harmoniques** : 0,2 %. **Rapport signal/bruit** : 100 dB. **Prix** : 26 000 F

Alpine/Luxman : Alpine Electronics France 98, rue de la Belle Etoile. Z.I Paris Nord II. BP 50016.  
95945 Roissy Charles de Gaulle Cédex. Tél. 48.63.89.89.

# RADFORD

Radford est une des plus anciennes sociétés d'électroniques anglaises à avoir conçu des amplis à tubes. Arthur Radford préconisait, dès les années 50, des amplificateurs devant avoir, dit-il, « une distorsion minimale en l'absence de contre-réaction », formule étonnement actuelle. Il a aussi souligné l'intérêt de transformateurs de sortie les plus petits possibles, la qualité du grave étant déterminée par la qualité des tôles. La capacité répartie soigneusement, l'inductance de fuite primaire-primaire et primaire-secondaire est aussi faible que possible de sorte que la résonance parallèle est reculée au-delà de 200 kHz. L'inverseur de phase est typique Radford pour éviter l'effet Miller à partir d'une pentode côté entrée et sur l'autre partie de l'inverseur une triode pour élargir la bande passante (la charge en sortie est très basse). Actuellement la gamme Radford reprend les deux classiques amplificateurs STA 25 et MA 75 mais avec des modifications : l'étage d'entrée devient cascode avec ECC88 et l'étage push-pull fait appel désormais à deux 6550 au lieu de EL 34. Les blocs monos reprennent le même principe de configuration mais avec une puissance portée à 75 W.



Radford STA 25

## RADFORD présente

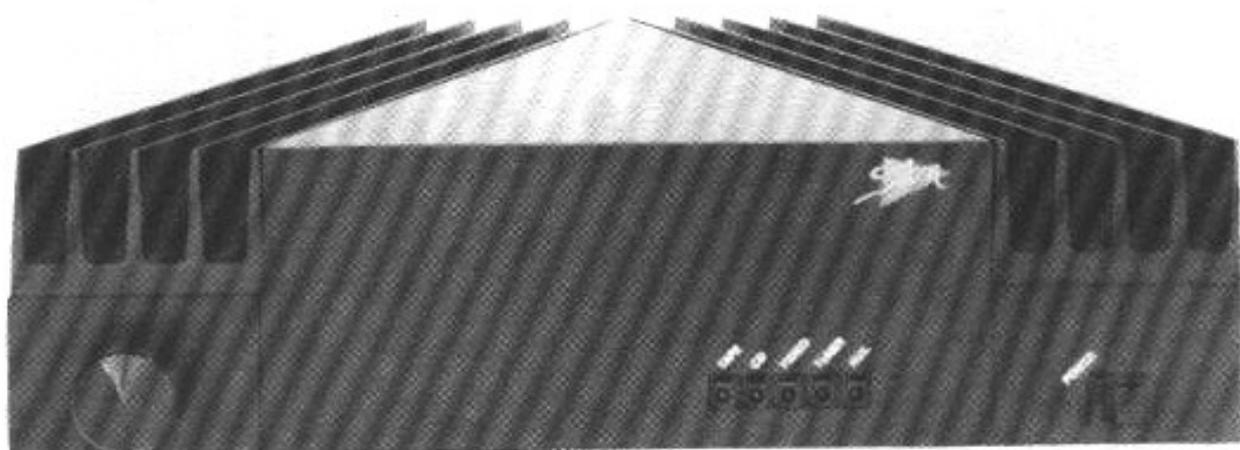
<b>Préamplificateur</b>
SCA 25 : tubes (8 x (ECC82)). Entrées phono Sensibilité MM : 2 mV. Saturation 33 mV. Rapport signal/bruit : 77 dB. MC Sensibilité : 0,45 mV. Saturation : 7 mV. Rapport signal/bruit : 70 dB. Prix : 12 600 F
<b>Amplificateurs</b>
STA 25 : tubes (2 x (ECC88) 2 x (6UBA) 4 x (6550)). Puissance : 2 x 35 W. Distorsion : 0,06 %. Rapport signal/bruit : 94 dB. Prix : 17 900 F
MA 75 : tubes (2 x (ECC88) 2 x (6UBA) 4 x (6550)). Puissance : 75 W. Prix : 32 000 F la paire.

General Radio's 75 rue de Tolbiac 75013 Paris. Tél. 45.70.84.84.

# Solen

La jeune firme française Solen propose le Tigre, ampli-préampli intégré de conception hybride tubes, transistors, sous un design très avant-gardiste et original (coffret de forme triangulaire très futuriste). Le circuit conçu par M<sup>r</sup> Gauthier ne manque pas d'originalité. L'étage d'amplification ligne se compose de deux transistors PNP à faible bruit, montés en cascode, suivi en liaison directe avec un étage à tubes (ECC 83) dans une configuration S.R.P.P, alimenté sous une tension 280 V. L'étage de puissance est composé de deux transistors de puissance complémentaire précédés de deux transistors drivers à effet de champ ainsi que d'un transistor servant à la polarisation et au réglage d'équilibrage en continu. Le Tigre ne possède que des entrées haut niveau, aussi un étage phono sous forme de module séparé est disponible pouvant traiter les cellules MC et MM.

La commutation des cinq entrées s'effectue par relais activés par un circuit logique afin d'obtenir des liaisons ultra courtes. L'alimentation est confiée à deux transformateurs, un petit pour les tubes et un gros toroïdal pour les étages de puissance.



L'intégré hybride : Tigre

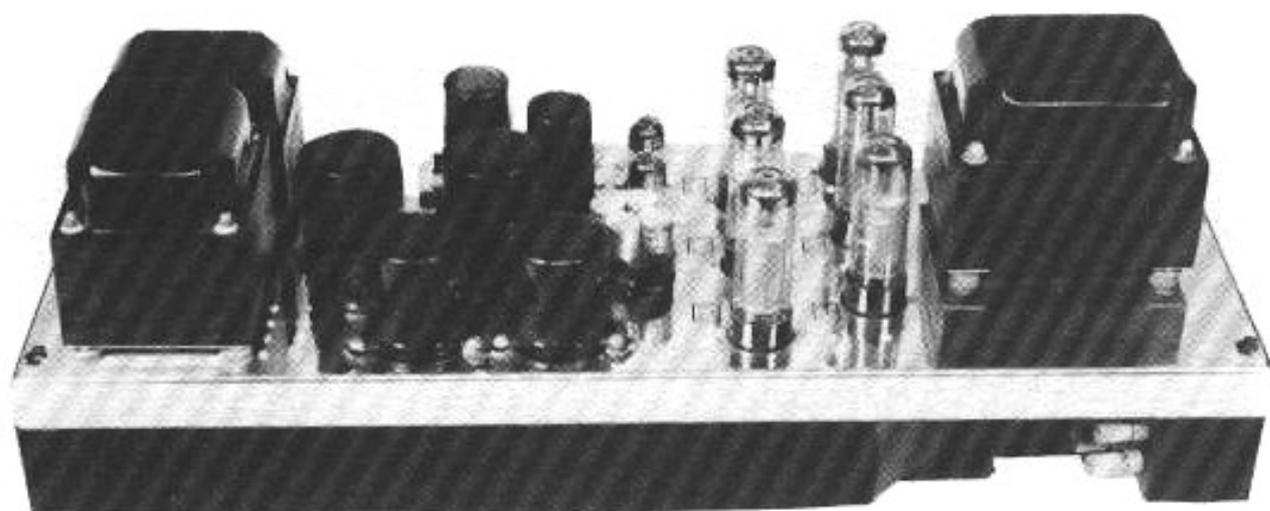
Solen présente

**Tigre** : ampli-préampli intégré hybride Tube (2 x (ECC 83/12 AX7). **Puissance** : 2 x 50 W. **Distorsion par harmoniques** : 0,12 %. **Distorsion par intermodulation à 1 W** : 0,05 %. **Rapport signal/bruit** : 92 dB. **Temps de montée** : 0,6  $\mu$ s. **Module entrée phono** : MC/MM indépendant. **Sensibilité** : 0,16 mV et 1,6 mV (100 ohms et 47 kohms). **Niveau de sortie nominal** : 0,3 V. **Prix** : 7 400 F

Solen. ZA Champ Roman 38400 St Martin d'Hères. Tél. 76.51.67.38.

# SONECMA

La firme française Sonecma propose un amplificateur monaural à tubes de 100 W particulièrement imposant et câblé « à l'ancienne », câblage en l'air, réduisant considérablement la longueur des liaisons et par voie de conséquence, les résistances, inductances et capacités parasites. Son concepteur a attaché une grande importance aux problèmes de vibrations mécaniques et d'effets microphoniques. De ce fait, tous les tubes et les transformateurs sont montés sur des amortisseurs « silent-blocs ». Le circuit de base est de type Mullard avec un étage d'entrée à partir d'une ECC83 reliée en couplage direct à un déphaseur de Schmidt, double triode ECC81, attaquant l'étage de sortie triple push pull de EL 34 monté en ultralinéaire avec charge plaque à plaque de 2 kohms seulement ce qui a permis de concevoir un transformateur de sortie à très large bande passante comportant des enroulements primaires présentant une faible résistance en courant continu. Chaque tube possède un réglage de polarisation individuelle, accessible sur le côté de l'appareil grâce à des renvois mécaniques par cardan. L'alimentation comporte deux transformateurs, l'un pour la polarisation des étages de puissance et l'autre pour l'alimentation des filaments.



*Amplificateur mono Muster 1000*

## SONECMA présente

### **Amplificateur mono**

**Muster 1000** : tube (6 x (EL34) 1 x (ECC83) 1 x ECC81)). **Puissance** : 100 W. **Distorsion par harmoniques** : 0,03 % à 1 kHz. **Rapport signal/bruit** : 97 dB. **Temps de montée à 10 kHz** : 5  $\mu$ s.  
**Prix** : 21 000 F la paire.

Sonecma Les Noyers 45510 Dijy. Tél : 38.58.15.80.

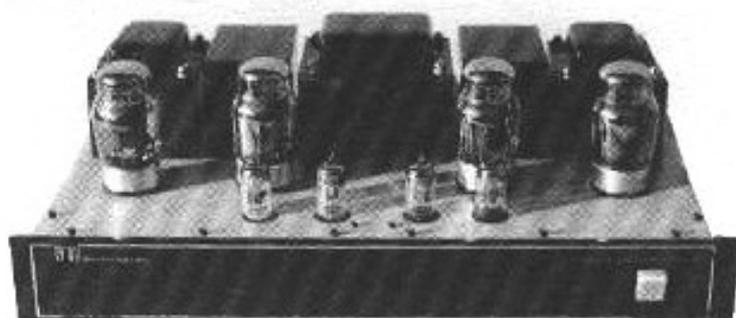
En écoute permanente chez : C.T.A. 1 place Adolphe Chérioux 75015 Paris. Tél : 45.30.05.73

# VTL VACUUM TUBE LOGIC

La réussite incontestable de David Manley lui a permis de situer les électroniques californiennes VTL (Vacuum Tube Logic) à un niveau de qualité musicale tel que ces amplificateurs sont reconnus de par le monde comme étant de véritables références. Malgré des schémas relativement conventionnels dans leur principe, une exploitation optimum de chaque circuit aboutit à des résultats auditifs rarement obtenus par des marques concurrentes. L'exceptionnel VTL Ichiban qui a stupéfié la presse française et internationale est l'exemple type de l'optimisation parfaite d'un circuit avec étage de sortie composé de 12 tubes EL 34 connectés selon le mode pseudo triode. Sans atteindre les sommets de sophistication de l'Ichiban, de nombreuses références VTL sont à même de satisfaire l'amateur difficile et ce à un budget 6 ou 7 fois moindre. Nous citerons pour exemple le remarquable VTL Stéréo 75 qui utilise un total de 8 tubes dont 4 x 12AT7 pour les premiers étages et une paire de tubes de puissance 6550 par voie, montés en ultra linéaire. La puissance obtenue atteint environ 80 watts par canal sur 8 ou 4 Ω. Le Stéréo 45 reprend la même configuration d'étage d'entrée, avec 12AT7 ou ECC 81, mais avec tubes EL 34 ou 6CA7 en sortie montés en véritable pentodes polarisées en classe AB1. La puissance obtenue atteint 2 x 50 W sur 4 et 8 Ω.



Préampli Minimal



Ampli 75/75

**VTL**  
VACUUM TUBE LOGIC présente

**Ichiban** : amplificateur monaural à alimentation séparée. Tubes par canal : (12 x (EL 34) 1 x (ECC 81) 2 x (12BH7)). **Capacité de filtrage** : 6600  $\mu$ F/400 V. Fonctionnement pure classe A. **Puissance** : 155 W. **Distorsion harmonique** : 0,06 % à 30 W. **Rapport signal/bruit** : non pondéré à puissance nominale : 95 dB. **Temps de montée à 10 kHz** : 4,0  $\mu$ s. **Impédance** : 4-8-16 Ω. **Prix** : 99 900 F.

**VTL De Luxe** : amplificateur monaural commutable en classe A mode triode (55 watts) ou classe AB1 mode tetrode (120 W). Tubes par canal : (2 x (6201) 4 x (807s ou 6L6GC)). **Puissance** : classe A 55 W, classe AB1 120 W. **Distorsion harmonique à 15 W** : 1,8 %. **Rapport signal/bruit** : 90 dB. **Temps de montée** : 4,4  $\mu$ s. **Impédance** : 4 ou 8 Ω.

**VTL Stéréo 45 et Stéréo 75** : amplificateurs stéréo 2 x 50 W (Stéréo 45) et 2 x 80 W (Stéréo 75). Tubes par canal (4 x (12AT7/ECC 81) 4 x (EL 34 (Stéréo 45) et 4 x (6550 (Stéréo 75)). Autres caractéristiques non communiquées. **Prix Stéréo 45** : 15 300 F. **Prix Stéréo 75** : 25 000 F.

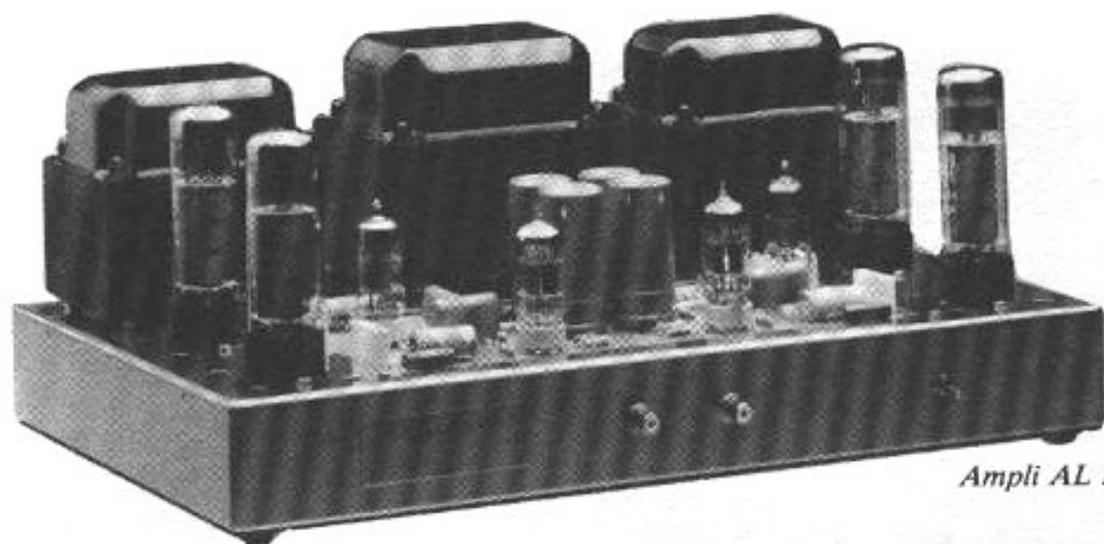
**Préamplificateur Minimal** : 5 entrées dont PU, RIAA et CD. Fonctionnement en pure classe A. Tubes : (2 x (ECC 807) 1 x (12AT7)). Alimentation régulée en deux sections et étage de sortie basse impédance autorisant le couplage avec n'importe quel amplificateur de puissance. **Prix** : 6 600 F.

La gamme VTL comprenant plus de 10 unités, il serait impossible de tout décrire sur cette unique page.

Présence Rive Gauche 7, avenue du Maine 75015 Paris. Tél. 45.48.50.36.

# YVES COCHET

Après les célèbres AL 1, AL 1A d'une puissance de 75 watts, Yves Cochet propose une nouvelle version d'amplificateurs à tubes sur un même schéma de base reprenant le principe de l'étage de sortie, ultra linéaire, avec push-pull d'EL 34. La version AL 2 bénéficie de toutes les évolutions successives des précédents appareils Cochet, avec notamment l'emploi d'un tube professionnel 12 AT7 WA (ECC 81) pour l'étage d'entrée et de la classique ECC 81 pour l'étage déphaseur. L'expérience de dizaines d'années de pratique du tube a permis au concepteur de sélectionner la technologie des différents composants passifs, en fonction de leur rendu sonore dans diverses configurations de circuits. Les condensateurs films polyester, polypropylène ou chimiques sont ainsi parfaitement optimisés pour chaque cas de figure. Les transformateurs d'alimentation et de sortie de haute qualité à toles « grain orienté » sont comme pour les précédentes versions, d'origine Chrétien. Le nouveau préamplificateur à tubes de référence P3 qui reprend les principales caractéristiques du P2 est désormais disponible. Grâce à une entrée CD spécialement adaptée, il offre ainsi une universalité difficilement réalisable avec une entrée auxiliaire classique. Tous les appareils Yves Cochet sont disponibles en version kit ou monté.



Ampli AL 2



Préamplificateur P Trois

## YVES COCHET présente

### Amplificateurs

**AL 2** : 2 x 38 W efficaces. Tubes : (2 x (12 AT7/WA), 2 x (ECC 81) 4 x (EL 34). Sensibilité d'entrée : 750 mV. Impédance d'entrée : 62 k $\Omega$ . Impédance de sortie : 4-8-16  $\Omega$ . Stabilité inconditionnelle. Poids : 20 kg. Livré avec capot. Prix en kit : 4 750 F. Monté : 6 200 F.

### Préamplificateur

**P3**. Entrées : MM 47 k $\Omega$  CD, aux., magnéto/In-Out. 2 volumes séparés. Tubes : ECC 81/ECC 82/ECC 83. Face avant anonisée, châssis laque époxy. Prix en kit : 3 800 F. Monté : 5 400 F.

Haut-Parleurs Systèmes 35, rue Guy Môquet 75017 Paris. Tél. 42.26.38.45.

**Page non  
disponible**

# ...LES RENCONTRES

- *Bob Carver (Carver)*
- *Daniel Schär (Micromega)*
- *T. Okuma, H. Sato, K. Inoue (Kenwood)*

**D**

*ans ce numéro, nous avons étoffé cette rubrique, puisqu'il y a trois rencontres. Prendre l'information à la source auprès des hommes qui « vivent » les produits telle est notre souhait pour ces Rencontres.*

*La première rencontre que nous vous proposons est celle de Bob Carver.*

*De passage à Paris en septembre, pour la présentation du Silver Seven, il nous a exposé sa démarche originale ayant trait à la réplique de la fonction de transfert de cet amplificateur à tubes sur un modèle à transistors. Nous avons eu envie d'en savoir plus...*

*La seconde rencontre avec Daniel Schär,*

*il est le seul Français à concevoir et à fabriquer des lecteurs CD et des convertisseurs numérique-analogique. Nous lui avons demandé de faire le point sur la technique numérique.*

*C'est un domaine où le marketing ne cesse de mettre en exergue certains aspects très particuliers de cette technologie et, pour l'amateur, il est bien difficile d'avoir une compréhension globale...*

*La troisième rencontre avec les concepteurs du DP 1100 SG Kenwood ;*

*Edouard Pastor et Patrick Vercher les ont rencontrés en octobre lors d'un voyage au Japon.*

*Ils ont été surpris de découvrir à quel point un grand groupe japonais avait intégré « l'approche audiophile ». Ils leur ont demandé des compléments d'informations relatifs à leur « philosophie sonore » et à la façon dont ils l'avaient appliquée au lecteur CD que nous avons distingué dans notre précédent numéro.*

*Nous souhaiterions d'ailleurs établir à l'avenir ce genre de dialogue avec l'homme — ou les hommes — ayant présidé à la réalisation d'un produit auquel nous attribuons les Muses d'Or, afin qu'il apporte ses commentaires.*

*Ainsi peut-être avancerons-nous encore dans notre compréhension des liens et des corrélations existant entre domaine subjectif et objectif.*

Gérard Chrétien



**Bob Carver - Carver - USA**  
*Le Silver Seven  
et sa fonction de transfert...*

**Gérard Chrétien :** Dans notre précédent numéro, nous avons présenté votre dernière « folie », le Silver Seven. Outre les choix et les solutions technologiques retenues pour l'élaboration de cet amplificateur sans concessions, c'est le fondement même de votre démarche qui a piqué notre curiosité et nous a donné envie d'en savoir plus.

*Etablir un standard hors normes en matière de rendu sonore, afin de disposer de la globalité des paramètres, pour l'appliquer en final à des amplificateurs faisant d'autres choix technologiques beaucoup moins onéreux, tel a bien été le point de départ de ce projet ambitieux ?*

**Bob Carver :** J'ai développé le Silver Seven parce que je voulais avoir le meilleur amplificateur au monde. Aussi loin que je puisse me souvenir, cela remonte à mes premiers jours de lycée, j'ai toujours voulu réaliser un amplificateur de rêve. Au fil des ans, j'ai construit de nombreux amplificateurs à tubes et le Silver Seven est mon amplificateur de rêve, l'amplificateur que j'ai toujours voulu avoir. Maintenant, j'en ai un... Durant toute

la période où j'ai travaillé dessus, j'avais en arrière-pensée l'idée de transposer sa fonction de transfert à un amplificateur de prix plus raisonnable.

Le Carver M-4.0t qui a les mêmes qualités subjectives et les mêmes caractéristiques que le Silver Seven fut un projet à la fois plus difficile et plus ambitieux parce que l'amplificateur à transistors devait avoir de meilleures performances sur l'ensemble des paramètres que le Silver Seven. Par exemple, il devait avoir une capacité en courant supérieure, une excursion en tension de sortie supérieure ; un niveau de bruit de fond inférieur ; une réponse en fréquence et une linéarité en puissance plus étendues ; une impédance d'entrée intrinsèque plus élevée : il devait avoir aussi une distorsion inférieure et un slew rate plus élevé ; il devait avoir enfin un temps de montée en courant supérieur au Silver Seven.

C'est seulement après avoir réussi à obtenir des paramètres de base égaux ou supérieurs à ceux du Silver Seven que j'ai pu appliquer la fonction de transfert et les paramètres qui font

que les deux amplificateurs ont des performances d'écoute identiques. En fait, de mon point de vue, le vrai point de départ de ce projet ne fut pas le Silver Seven mais plutôt l'amplificateur à transistors auquel j'allais appliquer la fonction de transfert du Silver Seven. Cependant, j'ai construit le Silver Seven avant que je ne réalise le M-4.0t.

*G.C. : Sur le Silver Seven pourquoi utilisez-vous deux transformateurs de sortie par canal, comment sont-ils connectés ?*

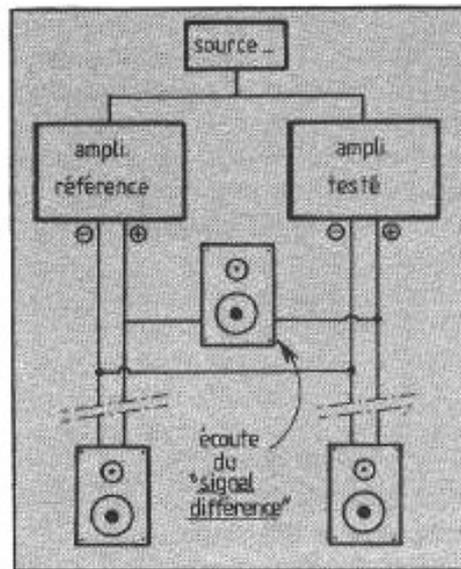
**B.C. :** Le Silver Seven utilise deux transformateurs de sortie par canal afin de réduire l'inductance de fuite. Tous les transformateurs de sortie ont une self de fuite, laquelle limite la performance en haute-fréquence. Habituellement, un compromis est fait dans l'étude du transformateur afin de permettre des performances satisfaisantes à la fois en basse fréquence et en haute fréquence. Dans le cas du Silver Seven, l'absence de contrainte financière nous a fait retenir une solution sans compromis ; le fait d'utiliser deux transformateurs en parallèle réduit l'inductance de fuite de

moitié par rapport à sa valeur initiale. La self équivalente à deux selfs identiques montée en parallèle est égale à la moitié de chacune d'elles. Ces transformateurs ont été bobinés et conçus de façon à optimiser les performances en basse fréquence, cela en ayant recours à plusieurs enroulements primaires et ensuite en réduisant l'inductance de fuite par la mise en parallèle de deux transformateurs identiques. La réponse en haute fréquence est ainsi étendue d'un octave. C'est une solution onéreuse et essentiellement sans compromis, au problème du bobinage d'un transformateur de sortie qui requiert une capacité de réponse en fréquence s'étendant sur 5 décades. Tous les enroulements, primaire et secondaire, sont connectés en parallèle.

**G.C. :** *Tout votre concept repose sur la fonction de transfert, fonction qui établit le lien entre le signal de sortie de l'amplificateur par rapport au signal excitant son entrée et définissant ainsi la personnalité d'un amplificateur. Comment avez-vous mesuré la fonction de transfert du Silver Seven pour obtenir le niveau de précision requis ?*

**B.C. :** Le secret de ma réussite est lié au protocole de la mesure de la fonction de transfert. J'ai passé de nombreuses années à perfectionner ma méthode, aussi n'ai-je pas envie de la dévoiler.

Je dirai seulement que la mesure de la fonction de transfert requiert plusieurs milliers de mesures séparées. Elle implique la mesure de tous les paramètres mesurables que l'on peut imaginer, cela avec une précision de l'ordre du 3 000<sup>e</sup>, soit -70 dB. Le test qui sert à déterminer si la fonction de transfert a bien été appliquée au niveau de précision requis est le « null test » (écoute de la différence entre la sortie de l'amplificateur de référence et la sortie de l'amplificateur testé). Si le signal de différence est infé-



Le « null-test » de Bob Carver.

rieur à -40 dB, c'est que le niveau de précision requis a été obtenu. -40 dB est le seuil à partir duquel la différence entre deux amplificateurs devient inaudible d'après les expériences que j'ai faites, ainsi que d'après celles effectuées dans les laboratoires de certaines revues audiophiles américaines telles qu'Audio Critic et Stereophile. Dans la pratique, j'atteins -70 dB.

**G.C. :** *Dans le Silver Seven vous ne vous êtes privé d'aucun luxe, en particulier quant au choix des composants : condensateurs Wonder Caps, câblage interne en argent pur, soudure Wonder Solder... Depuis plus de dix ans, les méthodologies de mesures ne sont pas encore parvenues à apporter des réponses précises à ces questions que se posent les audiophiles du monde entier. Pensez-vous que la fonction de transfert telle que vous la mesurez renferme en son sein l'apport de telles sophistications ?*

**B.C. :** Qu'en est-il de la différence audible entre transistors, condensateurs, fil de câblage... toutes ces choses que « l'on connaît » contribuant à la supériorité d'un amplificateur sans compromis ? Qu'en est-il de tout ce que les concepteurs d'amplificateurs ont appris durant les dix dernières années ? Comment

toutes ces choses entrent-elles en jeu dans la transformation relativement aisée de la fonction de transfert ?

La réponse à ces questions est que tout est résolu par l'intégration de ces facteurs dans cette transformation et je n'ai pas à m'inquiéter des condensateurs de qualité, du câblage interne minimal, de la soudure... Tout ce que j'ai à faire est de reproduire à la sortie de l'amplificateur la somme de tous les effets des composants de l'amplificateur de référence. Une fois obtenu un signal différence aussi près du zéro que possible, la manière dont les condensateurs, le câblage, la soudure ont été réalisés, n'est pas importante.

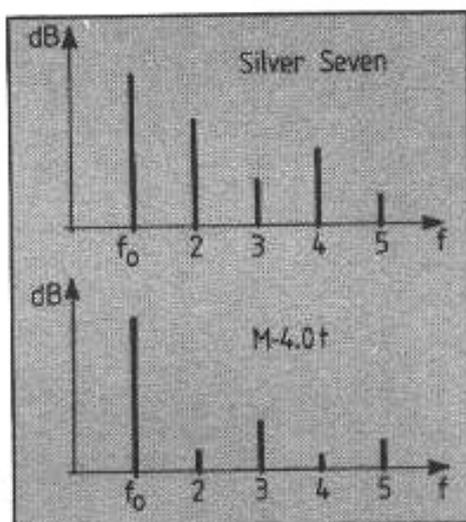
Tout ce que j'avais besoin de connaître était comment modifier n'importe quel paramètre du fonctionnement de l'amplificateur et, connaissant cela, j'étais à même de reproduire à la sortie de l'amplificateur la somme de tous les effets provenant du câblage, des wonder caps, de l'argent pur... Je crois que la fonction de transfert, telle que je la mesure et telle que je l'écoute, avec la méthode du signal de différence, renferme en son sein l'apport de toutes ces sophistications.

**G.C. :** *Lorsque vous vous attachez à retrouver rigoureusement la fonction de transfert du Silver Seven sur un amplificateur à transistors tel que le M4.0t, ne pensez-vous pas que certaines limitations du transistor échappent à votre analyse ? Je pense en particulier à la notion de distorsion thermique transitoire, qui n'altère pas le fonctionnement du tube, dont l'effet est particulièrement sensible dans les étages d'entrée à transistors (la puissance dissipée varie avec l'amplitude du signal à amplifier, les caractéristiques électriques sont donc conduites à fluctuer à un rythme lié aux constantes de temps thermiques du transistor).*

**B.C. :** Il est vrai que certains points doivent échapper à l'analyse de la fonction de transfert. Evidemment, il y a des choses aux confins de l'univers qui échappent à notre observation. Dans votre exemple de la distorsion thermique d'un amplificateur à transistors par rapport à celle d'un amplificateur à tubes, en théorie, cette distorsion devrait faire partie intégrante de la fonction de transfert ; en fait, à ce sujet je ne fais absolument aucun effort pour la compenser dans le cas du transistor car j'ai observé que la distorsion thermique transitoire se situe bien en-dessous de  $-70$  dB. Tout ce qui se trouve en-dessous de  $-70$  dB ne m'inquiète pas parce que j'ai remarqué que  $-40$  dB est suffisant pour assurer le zéro de mon signal différence du point de vue de l'écoute. En réalité, j'arrive entre  $-65$  et  $-70$  dB, ce qui signifie que mon « zéro » est à 17 ou 30 fois supérieur à ce qu'il doit être pour la perfection. Le taux modéré de contre-réaction employé dans le M4.0t est largement suffisant pour réduire la distorsion thermique transitoire inhérente aux transistors se situant bien en-dessous de  $-130$  dB.

**G.C. :** Ainsi vous retrouvez exactement les mêmes performances sur le M-4.0t que sur le Silver Seven. Les spectres des distorsions sont-ils vraiment similaires entre les deux appareils quelque soit la fréquence et quelque soit la puissance auxquelles on relève le spectre ?

**B.C. :** Les spectres de distorsion du M-4.0t et du silver Seven sont identiques. A l'origine, le M-4.0t a plus d'harmoniques impairs que l'amplificateur à tubes. Certes, les harmoniques impairs du M-4.0t sont dominants, le Silver Seven, lui, a des harmoniques pairs mais aussi des harmoniques impairs qui sont plus importants que ceux du M-4.0t. Intrinsèquement, le M-4.0t a beaucoup moins de distorsion, aussi est-il



très simple d'ajouter les composantes de distorsion de l'amplificateur à tubes, qui sont surtout des harmoniques pairs.

**G.C. :** Hormis l'expérience unique que constitue le Silver Seven, j'aimerais savoir quel est votre cheminement, lors de la conception d'un nouvel amplificateur. Quels sont à votre avis les éléments-clés à mettre au point en priorité ?

**B.C. :** Ma façon de concevoir un nouvel amplificateur a changé au fil des ans. Aujourd'hui mon approche serait la suivante : le premier point est une alimentation puissante, une alimentation capable de délivrer une puissance énorme, une tension et un courant colossal, et cela pratiquement instantanément. Le slew rate en courant et le slew rate en tension doivent être d'au moins deux ordres de grandeur supérieur à ceux que l'amplificateur délivrera. Mon invention, l'alimentation Magnetic Field dont les brevets courent pour encore 11 ans, m'offre la possibilité de délivrer des courants et des tensions très importants, cela sous un faible encombrement et pour un coût modéré. Le circuit « Magnetic Field » me fait économiser de 5 à 10 fois, tant en volume qu'en prix par comparaison à une alimentation utilisant les méthodes conventionnelles.

Lorsque je dispose d'une alimentation puissante, je peux l'associer à un étage de sortie capable de débiter de forts cou-

rants. Ainsi je suppose avoir un courant disponible suffisant pour autoriser une excursion de 100 volts dans 2 ohms, soit 50 ampères. Mon étage de sortie est ainsi conçu pour délivrer 50 ampères. De même pour les capacités en tension, mon étage de sortie est à même de passer des pointes de 100 à 120 volts.

C'est la capacité transitoire d'un amplificateur que j'étudie. Je crois aussi à une puissance élevée qui puisse être maintenue, mes produits l'ont montré : ils sont tous de puissance conséquente. J'aime aussi avoir un niveau de bruit très bas et une bande passante très, très étendue. Je crois aux très hautes impédances d'entrée et aux impédances de sortie modérées ou non trop basses parce que je pense que la qualité sonore, la qualité subjective d'un amplificateur est liée à la capacité qu'a l'amplificateur d'être en « symbiose » avec le haut-parleur de sorte à ce que ce dernier puisse « converser » avec l'amplificateur et réciproquement. Pour réaliser cela, je préfère une valeur « non-nulle » mais relativement basse de l'impédance de sortie. Je suis persuadé qu'un amplificateur de haut niveau est décrit par sa fonction de transfert et la relation fonctionnelle qu'il a avec les haut-parleurs, le signal d'entrée et l'auditeur. Je ne crois pas que la supériorité d'un amplificateur soit décrite par du câble argent, des wonder caps ou par la soudure. Je ne pense pas que la supériorité d'un amplificateur se rattache à des choses mystérieuses et magiques. Je ne crois pas non plus qu'un amplificateur puisse être amélioré en mettant une brique sur son transformateur d'alimentation. Par contre, je suis sûr que le fonctionnement d'un amplificateur peut être amélioré en réalisant un transformateur d'alimentation plus puissant avec une plus grande capacité en courant et en tension.



**Daniel Schär - Micromega - France**

*Sources numériques :  
marketing ou technologie ?*

Lors de l'apparition du compact-disc, le consommateur eut la grande surprise d'être confronté à des opinions très contradictoires sur ce nouveau support.

D'une part les constructeurs prônaient une révolution en matière de reproduction musicale soutenue dans ce sens par une presse non spécialisée et d'autre part la presse spécialisée boudait le CD, voire criait à l'infamie, au scandale pour la partie la plus marginale de cette honorable corporation.

Et le public dans tout cela ? Qui devait-il croire, quelle opinion pouvait-il avoir ou se faire ?

Avec le recul, on comprend mieux la création de ces deux camps adverses : constructeurs et presse spécialisée.

En effet, comme dans bien des cas tout dépend de la façon dont on regarde les choses. Pour les grands constructeurs, et ils avaient raison, le CD est pour le grand public une réelle révolution et on ne le dira jamais assez. Imaginez un instant le consommateur « X » le dernier week-end de décembre partant faire ses achats de Noël dans la grande

surface où il a l'habitude d'aller. Il y a cinq ans Monsieur et Madame « X » faisait l'acquisition d'une chaîne haute-fidélité ce jour-là et dans leur caddy ils ramenaient à la maison pour la somme de 4 000 F environ un ensemble complet comprenant une platine tourne-disque, un ampli, un tuner, un magnéto-cassette et deux enceintes.

Une fois le tout branché, qu'elle n'était pas la surprise de Monsieur « X » qui, dès qu'il montait le volume, voyait son bras de lecture faire des bonds sur le disque, le son global — on pourrait dire le bruit global — de l'ensemble devenant, dès que l'on prétendait à une écoute confortable, absolument horrible. Sans compter que, sans le faire exprès, Madame, en faisant la poussière, avait abîmé la pointe de lecture de la platine. Elle était tordue mais un son, semble-t-il, normal sortait encore des deux enceintes et Monsieur « X », qui regrettait son achat depuis les premiers déboires des premières minutes d'écoute pourtant tant attendues, s'était désintéressé de cette chaîne Hi-Fi.

Cinq ans plus tard, Monsieur

et Madame « X » referont la même démarche et dans quelques semaines ils iront dans la même grande surface, acquérir la chaîne Hi-Fi qu'on leur promet géniale grâce au compact-disc. Et pour 4 000 F, ils achèteront la même chaîne excepté que la platine tourne-disque aura été remplacée par un lecteur CD.

Quelle surprise au retour à la maison, on branche, ÇA MARCHE !! On peut pousser le volume, le son monte graduellement toujours aussi fidèle, sans distorsion. Madame « X » n'aura pas la malchance d'abîmer la pointe de lecture : il n'y en a pas. Et la petite Sandrine « 2 ans » n'aura pas le loisir de marcher par inadvertance sur un disque qui avait glissé de sa pochette ou si, par mégarde, un CD traînait par terre, qu'à cela ne tienne, on le remettrait dans sa boîte et l'incident serait vite oublié faute de conséquences. Monsieur et Madame « X » prendraient du plaisir à écouter un peu de musique de temps en temps et ce, de plus en plus souvent, avec une facilité d'utilisation (programmation, télécommande...) à faire pâlir le disque

vinyl.

Si, dans ce sens, on ne peut pas dire que le CD soit une révolution, alors on peut dire que la langue française manque de superlatifs.

Mais la presse spécialisée, aussi, avait raison de décrier ce dernier qui, pour elle, n'était pas une révolution, loin s'en faut. En effet, comparés aux meilleurs systèmes analogiques, les premiers lecteurs CD ne pouvaient en aucun cas rivaliser avec le vieux disque vinyl. Une chose essentielle avait disparu : l'EMOTION. Cette prise de position tranchée a permis ainsi aux constructeurs de ne pas s'endormir sur leurs lauriers et de remettre en cause les diverses technologies utilisées dans les premiers lecteurs CD. Et le CD a commencé à faire des progrès. Malgré tout, la presse spécialisée y avait été tellement fort : ceux qui hier mettaient le CD au pilori ne savent pas comment reconnaître aujourd'hui qu'ils avaient peut-être présumés de leur capacité d'analyse et que l'on ne peut faire un enterrement de première classe à une technologie nouvelle et balbutiante sans d'innombrables précautions. N'a-t-on pas lu que l'échantillonnage à 44,1 kHz était une hérésie et que 16 bits de qualification étaient loin de faire le poids pour conserver au message musical toute son intégrité. Les mêmes écrivaient dans leurs colonnes que tel disque vinyl, pourtant enregistré en numérique, surpassait et de loin le CD du même enregistrement. Étonnante affirmation lorsque l'on sait que le standard professionnel utilisé pour l'enregistrement du « Master » servant soit à presser les disques soit à presser les CD est basé sur une technologie 16 bits à 44,1 kHz d'échantillonnage. Alors la question qu'on est en droit de se poser est la suivante : Que remet-on en cause ? La technologie de l'enregistrement numérique ou le compact-disc lui-même ?

Une partie de la réponse nous est apportée par l'attitude des

professionnels de l'enregistrement qui n'ont jamais boudé les technologies numériques et qui ont tous accueilli cela avec beaucoup d'intérêt, et il suffit de regarder aujourd'hui le nombre de disques enregistrés en analogique pour s'apercevoir que dans le domaine professionnel le numérique est là sans contestation possible.

Ce serait le média CD qui serait en cause, ou toutefois les technologies de reproduction de ce média. En effet, depuis le jour JI de la naissance du compact-disc, le média, c'est-à-dire le disque et son format n'ont absolument pas variés d'un pouce. Et il y a fort à parier qu'il ne changera pas de sitôt lorsque l'on connaît les moyens gigantesques mis en œuvre à tous les niveaux pour s'accorder sur un format. Changer de format conduirait à changer tous les équipements servant à fabriquer les CD sauf peut-être les presses à injecter et les chaînes de métallisation. Lorsque l'on sait qu'aujourd'hui le CDV, CD Vidéo, fait son apparition et que l'on a dans ce format une compatibilité de lecture son et image, sans compter le CD ROM, on peut s'attendre à vivre avec un format 16 bits/44,1 kHz pour quelques années peut-être même quelques décennies.

Il semble donc que le fond du problème réside dans l'appréciation de la quantité d'informations que le format actuel est capable de contenir et dans la capacité des technologies à extraire du format le plus grand nombre possible de choses. D'où la pléthore actuelle de soit-disantes nouvelles techniques qui prétendent toutes balayer sur leur passage tout ce qui a existé, si éphémère soit-il, jusqu'à ce qu'à son tour une dernière trouvaille prenne le pas sur la précédente. Et la musique dans tout cela, et le public ? On conçoit aisément que dès lors que la balle de la qualité de reproduction est dans le camp des constructeurs, ces derniers vont pouvoir rivali-

ser à grand renfort de technologies et c'est là justement que la tentation devient grande entre un apport technologique réel et un marketing fort de technologies originales, mais dont la finalité n'a que peu de rapport avec le but fondamental recherché.

Pour essayer de faire la part des choses, il convient tout d'abord de dresser un synoptique mettant en exergue les diverses parties d'un lecteur compact, après quoi il sera intéressant de voir dans quelle mesure chacune des parties peut influencer la qualité sonore finale et ce qui, aujourd'hui a été réalisé dans les différents domaines. Commençons donc par le synoptique. On peut d'ores et déjà faire deux grandes catégories : l'environnement mécanique et l'environnement électronique.

L'environnement mécanique se compose du châssis et du coffret ainsi que du système de chargement et du dispositif permettant au disque de tourner et d'être lu par l'ensemble diode laser, photodétecteurs et divers unités de focalisation de tracking...

L'environnement électronique comprend une succession de circuits électroniques, depuis l'ampli HF jusqu'aux étages de sorties audio sans oublier les indispensables alimentations procurant l'énergie à tout ce petit monde.

Avant d'aller plus avant, faisons un petit aparté sur le principe de base du codage numérique : le signal analogique est lors de la conversion analogique-numérique coupé en tranches d'une durée de 22,6  $\mu$ s. Chacune de ces tranches possède une certaine hauteur et c'est cette hauteur que l'on matérialise sous la forme de mots binaires (composés exclusivement de 0 et de 1). Dans notre cas, chaque mot est représenté par 16 chiffres dits BITS. On peut donc avoir 2<sup>16</sup> mots différents, soit 65 536 échantillons différents. Cette notion de « mot » est fondamentale car elle va conditionner un nombre

de choses très importantes. En effet, si l'on était en présence d'un système parfait où tous les mots contenus dans l'enregistrement étaient reconvertis en signal analogique après les divers cheminements, il n'y aurait pas de problème, et la fidélité serait absolue au degré de résolution près du format. Le point faible des technologies numériques est que ce que l'on appelle en termes un peu barbares, les « temps de cycle » soient très courts dus à l'échantillonnage rapide et donc il n'est pas rare de perdre un mot pour telle ou telle raison, ou de voir un mot modifié dans son contenu original pour les mêmes raisons.

Sachant que le signal numérique se présente sous la forme de 0 et de 1 qui se succèdent suivant les lecteurs à la cadence de 1 chiffre tous les 60 ou 80 ns (suivant la fréquence d'horloge), on en déduit facilement qu'il est probable que de temps en temps un 0 devienne 1 et vice-versa.

Cet état de fait a conduit les constructeurs à élaborer des systèmes dits « correcteurs d'erreur » dont le but avoué est le détecter par divers moyens les erreurs qui ont pu se glisser dans les mots lors des différentes étapes et de remplacer les mots erronés par des mots statistiquement les plus proches du mot perdu et ce, en fonction des mots précédents et suivants.

Fort de cela on prend rapidement conscience de la fragilité du message numérique et de la puissance requise par les systèmes correcteurs d'erreurs si une attention toute particulière n'est pas apportée à chaque étape du cheminement du signal numérique. Revenons à notre synoptique. Aux vues de ce qui précède on comprend mieux pourquoi certains constructeurs ont rapidement pris conscience que ce qui a toujours été respecté comme principe en mécanique de précision ne pouvait en aucun cas être écarté pour la reproduction d'un signal numérique. Les vibrations de quelques forme,

nature ou origine qu'elle soient pourront entraîner une perte de mots mettant en action les systèmes correcteurs d'erreurs. Si la génération d'erreurs devient supérieure à la capacité de correction du système on franchit un autre cap conduisant souvent à des résultats aussi surprenants qu'inattendus. Toutefois, avant d'en arriver là, on réalise assez rapidement que la qualité de reproduction diminue souvent dès les premières apparitions de correction. En effet, tous les constructeurs n'utilisent pas des correcteurs de même puissance ni même de linéarité équivalente. Pour ne pas s'entendre, ou du moins fort peu, un système correcteur d'erreurs doit être très puissant de façon à réaliser une interpolation sur un grand nombre d'échantillons et très rapide pour pouvoir traiter plusieurs erreurs successives. Mais cela ne va pas sans contrepartie de complexité et de consommation de courant. La solution maintenant communément admise est que pour raison mécanique on a intérêt à solliciter le moins souvent possible le système correcteur d'erreurs. On a recours pour ce faire à une tentative de réduction des vibrations engendrés par le système mécanique d'entraînement et de lecture du disque, soit par le biais de techniques d'absorption soit par le biais de techniques d'évacuation des vibrations quand toutefois les matériaux de base s'y prête. On peut aisément évacuer des vibrations d'un ensemble réalisé en métal car les vibrations se véhiculent facilement dans les métaux, par contre si l'on a à faire à des éléments en matières synthétiques on recourt généralement à l'absorption car les matières synthétiques ne permettent pas une propagation aisée des vibrations. On a vu ainsi après toute une génération de lecteurs dont le poids en disait long sur les matériaux retenus, de nouvelles générations de lecteurs lourds avec des châssis réalisés en fonte d'aluminium avec

des parties mécaniques dignes des plus belles réalisations professionnelles. Avait-on pour autant changer la reproduction du tout au tout ? Certes pas, car on a bien vite fait de s'apercevoir que les choses n'étaient pas aussi simples. Bien sûr, la gravité est un bienfait lorsque l'on sait l'utiliser mais encore ne faut-il pas qu'elle se retourne contre vous. Une chose cependant semble évidente. Le bon sens physique et mécanique s'applique au même titre à un système destiné à reproduire un signal numérique qu'analogique. Un manquement profond aux principes fondamentaux de la physique ne se manifestera pas de la même façon dans le premier cas ou le second mais aura une conséquence commune, c'est-à-dire la dégradation de la reproduction. Lorsqu'on sait que les cuvettes, que voit le rayon laser, d'une largeur de moins de 1 micron sont gravées sur une spirale dont le pas est du même ordre, on imagine à quel point il est nécessaire d'avoir un système d'asservissement mettant en jeu des accélérations de plusieurs G pour rester verrouillé sur le sillon. Ces accélérations créent des contraintes sur le système de lecture dont l'amplitude dépasse largement les capacités d'amortissement des suspensions utilisées, d'où la création d'erreurs pour raison mécanique.

Il est d'ailleurs à noter que fort peu de constructeurs ont basés leur marketing sur ce point car la complexité et la globalité du sujet en font quelque chose de peu vulgarisable.

Dans le domaine des circuits électroniques, il en va tout autant car un constructeur mettra aisément l'accent sur un détail précis occultant par là même tout le reste de l'appareil et pensant que le système « WXYZ » est LA réponse à tous les maux. Si tel était le cas, les choses seraient très simples. Le problème c'est que bien souvent le marketing s'embarrasse de peu de rigueur et il suffit d'un

détail permettant de « créer » une belle histoire si plausible soit-elle pour dévier le consommateur vers la marque en question.

Une fois de plus revenons à notre synoptique, et essayons d'aborder avec la plus grande objectivité possible l'environnement électronique. Tout d'abord considérons l'alimentation, voire les alimentations qui fournissent l'énergie sans laquelle on ne peut rien faire. Les signaux numériques à grande vitesse requièrent des alimentations sérieuses et on peut souvent dire au vu des appareils existants que ce point fondamental est bien souvent délaissé. C'est d'autant moins étonnant que dans le domaine audio, cet aspect pourtant fondamental puisqu'on puise dans l'alimentation l'énergie nécessaire à effectuer les diverses transformations que l'on fera subir à un signal, n'a été considérée à sa juste valeur que depuis peu. Ceci est vrai pour les signaux numériques au même titre que pour les signaux analogiques. On peut noter cependant que dans l'utilisation de circuits numériques, la rapidité des signaux (plusieurs MHz de bande passante) devrait induire à prendre des précautions supplémentaires. Heureusement, comme nous le verrons plus tard un aspect pondéré considérablement les choses. En effet dans tous les signaux digitaux rencontrés dans les lecteurs compacts, on traite les changements d'état de 0 à 1 ou de 1 à 0 et les paliers hauts ou les bas ont peu d'importance. C'est ce qui permet de s'affranchir de bien des problèmes car s'il l'on devait avoir des alimentations permettant d'avoir des paliers hauts et bas sans la moindre trace de parasite, on aurait vite fait d'avoir besoin d'un budget pour l'alimentation aussi élevé que celui du lecteur tout entier. Il n'empêche qu'un travail sérieux au niveau des alimentations permet une interaction minimale

entre les divers composants ou sous-ensembles des circuits. La chasse aux parasites reste bien ouverte toute l'année. Malgré tout il y a fort à parier que l'on ne verra pas un constructeur vanter les mérites de ses alimentations car c'est un aspect peu vendeur et si tout le monde sait ce qu'est une alimentation, on mesure difficilement comment une alimentation peut être différente et ce, de façon fondamentale. C'est donc un sujet peu vendeur.

Les commentaires faits au sujet du système correcteur d'erreurs restent vrais quand on parle de l'environnement électronique. En effet, les pertes de mots pour raison mécanique que nous avons évoquées existent aussi pour raison électronique. Un parasite pendant la transmission d'un mot viendra modifier un des bits voire plusieurs. Le système correcteur d'erreurs est là pour suppléer à cet état de fait. Mais là encore les constructeurs sont fort peu loquaces sur les différentes technologies utilisées car il s'agit en fait d'un des sujets les plus pointus de la reproduction digitale. En effet, si les techniques de filtrage digital, de suréchantillonnage, de conversion digitale-analogique sont très connues de tout le monde, le système correcteur d'erreurs repose sur un programme mathématique écrit par le constructeur qui enfermera son contenu dans le circuit de décodage. Une grande partie du « know-how » du constructeur se trouve dans ce circuit. C'est ce « know-how », ce savoir-faire que les fabricants vont tenter de protéger. Si l'on a fait la constatation précédemment que les changements d'ordre mécanique avaient une influence sur la qualité sonore, il y a fort à parier que le circuit correcteur d'erreurs travaille alors beaucoup moins, ce qui nous conduit à penser que c'est un des éléments qui s'entendent beaucoup. On comprend alors pourquoi le

peu de tapage fait autour de cet aspect des choses. On peut résumer cela ainsi : le circuit correcteur d'erreurs ne doit pas être « vendu ».

Parlons un peu maintenant de ce qui défraie la chronique et ce sur quoi le marketing est le plus loquace, c'est-à-dire la partie filtrage digitale et conversion numérique-analogique. Prenons les choses dans l'ordre et essayons de faire un tour d'horizon du filtrage numérique. Le filtrage numérique traite les signaux numériques et uniquement ceux-ci, ce qui veut dire que les signaux sortant se présentent sous le même format que les signaux entrant. Le grand avantage du filtrage numérique est qu'il permet d'obtenir des pentes de filtrages ou, si l'on veut, des atténuations très fortes sans pour autant avoir à payer le prix d'une rotation de phase à la fréquence de coupure. C'est ainsi qu'un filtre numérique de lecteurs CD verra une atténuation de quelques 90 dB ou plus à 24 kHz et 0° de rotation de phase à 20 kHz, c'est-à-dire aux limites de la bande audio. Il est inutile de revenir ici sur les effets néfastes que la rotation de phase induit au signal musical, car tout le monde sait bien que des annulations se produisent dès lors que des signaux ne sont pas en phase et donc que l'on perd une partie du contenu musical. Le filtrage numérique est donc une excellente chose et l'on voit d'ailleurs à l'heure actuelle très peu de lecteurs CD qui n'en soient pourvus. Quant au suréchantillonnage, il s'agit là d'une toute autre chose. En quoi cela consiste-t-il et comment cela fonctionne-t-il ?

Il est bon de rappeler que le disque est codé en 16 bits et échantillonné à 44,1 kHz. Le suréchantillonnage consiste à remplacer un échantillon par quatre (sous-échantillons) dont la valeur est calculée par interpolation entre les échantillons précédent et suivant. Cette techni-

que permet de lisser l'enveloppe des échantillons successifs. On se rapproche ainsi plus près d'une courbe analogique et ce, en particulier, à haute fréquence puisque le nombre d'échantillons décroît en fonction de la fréquence du signal, la fréquence d'échantillonnage étant fixe. En théorie, plus le suréchantillonnage sera important, plus cela aura un effet bénéfique, car le filtre analogique requis pour éliminer les lobes secondaires du filtre transversal, sera simple. Malgré tout, il faut noter que l'effet du suréchantillonnage va décroissant avec l'augmentation du nombre d'échantillons. En effet, le gain obtenu en passant de l'échantillonnage simple à l'échantillonnage double est bien plus important que de passer d'un double à une quadruple suréchantillonnage. Le gain obtenu de quadruple à octuple est bien inférieur à la première étape. Bien sûr, si l'on passe de quadruple à 16 fois suréchantillonné, on gagne vraiment quelque chose. Malheureusement, il y a un point faible à tout cela. Plus on suréchantillonne et plus on va vite et donc plus le convertisseur numérique-analogique doit avoir un temps d'établissement court. Et cela ne va pas sans conséquences ni limitations technologiques.

Passons donc au convertisseur numérique-analogique. Voilà un sujet sur lequel depuis quelques temps, les passions se déchaînent. On convient aisément que le public puisse se poser des questions au vu de ce que le marketing des constructeurs avance. Il faut rappeler que le format est codé en 16 bits à 44,1 kHz. Dans ce dernier chapitre, c'est une chose encore plus fondamentale qu'auparavant. Un convertisseur numérique-analogique **parfait** limitera les performances de tout le système à une résolution de 16 bits échantillonnés à 44,1 kHz puisque tel est le système de base. Le convertisseur sera donc l'élément domi-

nant de la qualité globale du système, sachant qu'une chaîne n'est jamais plus solide que son maillon le plus faible. C'est la raison pour laquelle il est souhaitable d'obtenir les performances les plus élevées possibles de la part des convertisseurs sans pour autant aller au-delà de 16 bits, 44,1 kHz. Utiliser un convertisseur 18 bits à 44,1 kHz n'apportera rien par rapport à un convertisseur 16 bits « vrais ». Par contre utiliser un convertisseur 14 bits dégradera forcément le résultat puisqu'il sera l'élément limitatif de tout le système sans pour autant atteindre la résolution du système lui-même. Là où il semble que ces choses soient plus évidentes est sur ce que l'on appelle la résolution du convertisseur et c'est justement sur ce point précis que les gens du marketing jouent. En effet, on peut très bien avoir un convertisseur 18 bits n'ayant en fait qu'une résolution de 16 bits. Et c'est dû à des facteurs technologiques qui n'ont rien à voir avec le nombre de bits.

Il va sans dire qu'il y a dans 18 bits un degré de supériorité si l'on se trouve à la place du consommateur. Il est bon de savoir que lorsque l'on utilise un convertisseur 18 bits pour traiter un signal carré en 16 bits, il convient d'élaborer un système permettant de le faire et utilisant les derniers bits comme bits dits « de redondance ». Un tel système fait preuve d'un aveu d'impuissance par rapport à la technologie 16 bits **vrais**. De surcroît, les convertisseurs 18 bits **faux** sont souvent associés à des suréchantillonnages de 8 fois rendant le système encore moins linéaire. Cette affirmation peut surprendre mais elle est vraie. En effet, comme nous l'avons remarqué, le suréchantillonnage augmente le nombre d'échantillons que le convertisseur aura à traiter. Ainsi à 44,1 kHz, le convertisseur voit un échantillon tous les 22,6  $\mu$ s à 176,4 kHz, c'est-à-dire en suréchantillon-

nage quadruple le convertisseur doit traiter un échantillon toutes les 5,65  $\mu$ s et un mot tous les 2,8  $\mu$ s en octuple suréchantillonnage. Mais chaque mot est de 16 ou 18 bits, ce qui conduit à dire que le temps d'établissement du convertisseur doit être inférieur à 155 ns pour pouvoir traiter « réellement » 18 bits avec octuple échantillonnage.

Aujourd'hui, ceci n'est pas physiquement possible car les convertisseurs numériques professionnels les plus performants actuellement et dont le prix d'achat du composant lui-même dépasse souvent celui d'un lecteur CD de moyenne gamme, ont des temps d'établissement avoisinant les 300 ns. On conçoit dès lors que le marketing a vite fait de sauter sur des occasions sans pourtant s'encombrer de la moindre rigueur technique. Cependant les fabricants de composants sont tout aussi fautifs car il sont peu nombreux et cherchent aussi à vendre le maximum de composants. Il est d'ailleurs étonnant de s'apercevoir que des composants ayant soit-disant la même fonction ou plutôt le même titre tel : « convertisseur numérique-analogique 16 bits » voient des prix évoluer dans un facteur 100 entre des composants grand public et professionnels. Il va sans dire qu'une rapide revue des données techniques des deux extrêmes met au grand jour des différences qui ne sont pas de simples détails mais des écarts infiniment grands et l'on a d'ailleurs alors du mal à comprendre comment deux composants aussi éloignés l'un de l'autre puissent porter le même nom.

En guise de conclusion, il apparaît évident que lorsque le marketing y trouve son compte, la technologie a bon dos et l'on s'en sert abondamment, tout en occultant ses aspects souvent contradictoires, oubliant le vieux dicton : toute médaille a son revers. Plus la face est grande et plus le revers l'est aussi.

**Tatsuhiko Okuma**

Sound Quality Project Group-Manager

Nous tenons, tout d'abord, à remercier toute l'équipe de la revue française L'Audiophile pour l'attribution des Muses d'Or à notre lecteur de compact-disc Kenwood DP-1100 SG.

Sur cet appareil, notre firme a été la première au monde à mettre en évidence des phénomènes d'instabilité du facteur temps, que nous avons résolus en adoptant le système à haute stabilité D.P.A.C. Le DP 1100 SG est l'aboutissement de la longue expérience de Kenwood dans tous les domaines de la technologie audio, en analogique autant qu'en numérique. En lançant cet appareil, nous avons également voulu démontrer le degré de maturité de Kenwood pour ce qui concerne la fidélité de restitution sonore.

Nous faisons suite à l'excellente présentation du DP 1100 SG parue dans le n° 1 de

**Kyoichi Inoue**R & D Division, 2nd Product  
Designing Section-Leader

L'Audiophile Nouvelle Série en y ajoutant, dans ce numéro, des compléments relatifs à la philosophie sonore appliquée sur cet appareil.

**Technologie et philosophie sonore Kenwood**

Chaque maillon audio possède ses caractéristiques, ses possibilités et ses performances objectives. Mais nous avons toujours su que l'acheteur faisait son choix en prenant pour base non pas ces critères mais un autre, de première importance qui est la qualité subjective. Nous avons très vite compris qu'un son de haute qualité ne pouvait être obtenu qu'en faisant appel à une fusion harmonieuse des technologies les plus variées n'ayant parfois qu'un rapport indirect avec l'audio. En mettant au point le DP 1100 SG, nous n'avons pas

**Hachiro Sato**

Sound Quality Project Groupe-Leader

hésiter à faire appel aux technologies les plus récentes, ceci toujours dans le but d'améliorer les performances subjectives.

Une des difficultés à surmonter dans l'élaboration d'un maillon Hi-Fi est de trouver une corrélation entre les bienfaits d'une nouvelle technologie et ses conséquences sur les aspects les plus délicats de qualité subjective en résultant. C'est sur ce point qu'il nous a semblé plus sage de travailler en équipe, une quelconque amélioration technique ne prenant de valeur qu'à partir du moment où celle-ci se confirme par une amélioration subjective constatée par tous les membres de cette équipe. Chez Kenwood, nous appliquons toujours cette méthode de travail dans laquelle une amélioration technique doit être obligatoirement validée par une amélioration subjective. C'est un travail laborieux qui doit faire l'objet de maintes véri-

fications telles que les tests en double aveugle, le tout se compliquant par le fait connu qu'une amélioration subjective certaine n'est pas forcément vérifiable par les méthodes de mesure habituelles.

Le goût et la façon d'écouter les sons et la musique varient notablement d'un auditeur à l'autre, il ne saurait être question de prétendre pouvoir offrir un style de reproduction sonore capable de satisfaire simultanément un large éventail d'auditeurs. Il est toujours possible de créer un son vivant ou particulièrement dynamique. Cependant, le plus important pour nous est de créer un maillon qui sache s'effacer devant la musique, ce qui correspondrait à un degré de transparence sonore que l'on souhaiterait aussi poussé que possible. Ceci présuppose forcément un long travail de recherche et de mise au point. Le DP 1100 SG fait partie des maillons audio Kenwood qui ont été conçus dans cet esprit.

Par expérience, nous avons toujours été conscients des influences des vibrations parasites des différentes sections du lecteur CD sur la qualité sonore. Comme énoncé plus haut, nous n'avons pas toujours été en mesure d'expliquer le pourquoi de telle ou telle amélioration subjective. Ce cas se présente par exemple lorsque l'on effectue des modifications sur la section mécanique du lecteur, à des endroits où il ne devrait en découler normalement aucune conséquence subjective.

Une analyse subjective très précise des données numériques, obtenue grâce à de nouveaux appareils de mesure Kenwood a permis de faire un grand pas en avant dans nos investigations. Un des principaux thèmes de nos recherches à propos de ce lecteur CD a été : « Plusieurs défauts constatés ont-ils vraiment pour origine des problèmes de vibrations ? » La première réponse,

tout à fait logique, a consisté à concevoir le lecteur CD avec le même soin que celui que l'on aurait pu apporter à une table de lecture analogique. Mais nous nous sommes très vite aperçus qu'il fallait pousser beaucoup plus loin nos investigations dans le monde des micro-vibrations. Les sillons du disque CD ne sont en effet espacés que de 1,6  $\mu\text{m}$ , les cuvettes lues ayant une profondeur ne dépassant guère 0,1  $\mu\text{m}$ .

Comme énoncé plus haut, un grand pas en avant a pu être réalisé grâce au circuit D.P.A.C. remettant « les pendules à l'heure » dans le plein sens du terme. Le second a été celui du traitement des vibrations et des micro-vibrations. Nous nous sommes aperçus, par exemple, que le même lecteur CD soumis ou non au rayonnement acoustique des enceintes, ne procurait pas tout à fait le même résultat subjectif. Il ne faut donc pas que l'on s'étonne de voir que notre DP 1100 SG comporte un quartz que l'on a jugé impératif de découpler mécaniquement des autres éléments du châssis. Grâce à de nouveaux appareils de mesure de notre conception (certains d'entre eux sont déjà commercialisés et figurent dans la revue américaine de l'AES) et notamment grâce à celle d'un analyseur de corrélation des données numériques, nous avons pu simuler, puis mettre en évidence l'origine exacte de différents défauts constatés. Sur le DP 1100 SG, l'amélioration la plus sensible à l'écoute reste néanmoins la disparition du phénomène de « Jitter », d'instabilité temporelle de l'horloge. Il faut cependant prendre conscience du fait que le circuit D.P.A.C. ne peut à lui seul, être responsable des grandes améliorations subjectives constatées. S'il s'agit d'un tout (de la mise bout à bout d'infimes améliorations subjectives tout juste perceptibles), la mise en place de ce circuit nous a

contraints à revoir de A à Z nos circuits, nos implantations, la vitesse de réponse de nos circuits intégrés et de nos circuits actifs réalisés à partir de composants discrets. Nous avons même été contraints de faire appel à nos propres circuits intégrés de type « Gate Array » de façon à pouvoir extraire le maximum des possibilités du circuit D.P.A.C. Les autres améliorations « visibles » telles que les suspensions « Dynapneumatiques », les capots anti-résonnants ou les circuits imprimés ne font que préserver les performances du circuit D.P.A.C. Mais c'est justement à ce niveau que certaines améliorations subjectives, mises en évidence par notre équipe d'ingénieurs, n'ont pas toujours été retrouvés aux mesures, ceci même en parlant de nouvelles méthodes de mesures des signaux audio décodés, ces mesures résultant des défauts qui restent invisibles sur les appareils de mesure analogiques conventionnels. Si la plus grosse partie du travail a pu être dégrossie grâce à nos nouvelles méthodes de mesure, nous ne pouvons cacher que plusieurs petites mises au point concernant des subtilités subjectives ont fait appel aux oreilles de notre équipe. Nous avons été fiers de voir l'ensemble de ces travaux se concrétiser sous la forme du DP 1100 SG. Nous sommes encore plus fiers de voir que ces résultats viennent d'être reconnus au point de se voir couronnés de « Muses d'Or » de la part de la revue française L'Audiophile.

*Il nous est apparu intéressant de vous proposer en annexe un rapide panorama des matériels de mesure développés par Kenwood, spécifiques au compact-disc.*

## Appareils de mesure Kenwood

Kenwood commercialise depuis de nombreuses années des appareils de mesure, depuis les petits générateurs BF jusqu'aux oscilloscopes ultra-performants à mémoire numérique. Cette superbe gamme s'est complétée récemment d'une série d'appareils de mesure spécifiques au compact-disc. La mise au point de lecteurs de compacts-discs très performants tels que le DP 1100 SG a rendu nécessaire la conception de nouveaux types d'appareils de mesure. Ces appareils, mis au point par l'équipe de recherche Kenwood ont tout d'abord été destinés à la recherche et à la mise au point dans les laboratoires de cette firme. Devant l'intérêt présenté par plusieurs d'entre eux, Kenwood en a décidé la commercialisation. En voici un bref résumé :

— **DA 3500D CD Encoder.** Cet appareil génère des signaux de référence qui sont identiques à ceux obtenus aux bornes de sortie d'une tête laser de lecteur CD. De nombreuses simulations sont possibles dans les formats CD,



CD ROM, CDV ou LD. Cet appareil peut s'utiliser aussi bien en laboratoire que sur des chaînes de montage. Il peut se compléter d'un adaptateur de sous-code RW, le RW 3500.

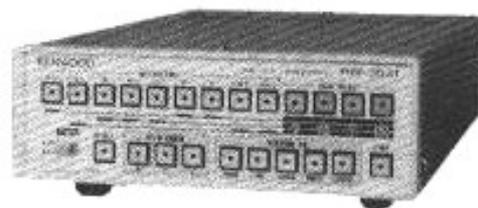
— **DC-3510 A-C Converter.** Cet appareil assure la conversion de tout signal analogique en signal

audio-numérique au format CD, un signal que l'on pourra éventuellement coder par un passage à travers le DA-3500 D. C'est l'un des appareils indispensables à l'enregistrement des disques CD.

— **DT-3520 Digital I/O Unit-Interface** servant à relier le DA 3500 D à un processeur audio PCM. Convertit les données séries en données parallèles.

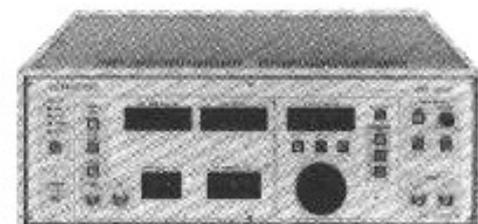


— **DA-3531 CD Encoder.** Générateur d'impulsions codées au format CD destiné principalement aux réglages des lecteurs CD. Il se complète du générateur de subcodes RW-3531.

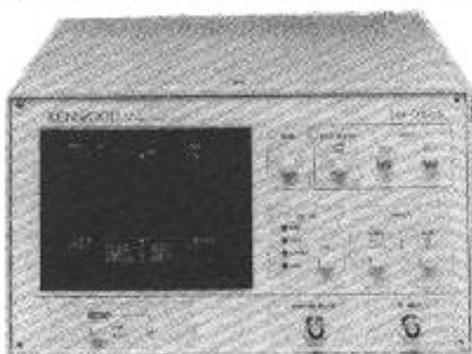


— **DR-3552 A Variante du DR-3550 A** permettant aussi l'analyse des erreurs des disques CD-I (CD interactif) et CD ROM.

— **DB-3541 CD Jitter Analyser.** Cet appareil est sans doute le plus intéressant et le plus original de la gamme Kenwood. Il assure un réglage ultra-précis (affichage numérique) de l'azimut et de l'asservissement du système de lecture des lecteurs CD. Il évite les réglages « approximatifs » basés sur l'observation visuelle sur oscilloscope des signaux HF.



— **DB-3545 CD Jitter Analyser.** Aussi original que la version précédente, cet appareil permet de visualiser en temps réel le phénomène de « Jitter », de chevauchement et d'échos des signaux de transmission. Ils sont visuali-



sés directement sur un tube cathodique de 5 pouces, les valeurs du « Jitter » étant analysées et affichées simultanément.

— **DR-3550 A CD Decoder.** C'est un appareil conçu spécialement pour la lecture et la mesure des erreurs de lecture. De nombreuses informations sont affichées directement sur un tube cathodique de 5 pouces : nombre d'erreurs, de corrections, de saut de sillons, etc.

— **DR-5750 A R-DAT Decoder.** Décodeur au format R-DAT assurant une évaluation ultra-précise des performances des magnétocassettes R-DAT. Il peut se compléter du DB-5740 (analyseur de « Jitter » pour R-DAT).

— **DG-2430 Digital Signal Generator.** Générateur de signaux numériques (16 bits 2 canaux, échantillonnage aux fréquences de 32, 44,1 ou 48 kHz). Génération de 16 types de signaux aux fréquences de 20 Hz, 1 kHz, 10 kHz et 20 kHz.



# PRESSE ETRANGERE

**E**

*n France comme à l'étranger*

*se sont formés au cours des années de nombreux audiophiles avertis, des ingénieurs, des chercheurs dont les travaux ou les idées nouvelles, pointées toujours vers la même perfection sonore se seraient rapidement vulgarisés s'il n'existait pas ce problème de langue, de communication et de distance.*

*Cette nouvelle rubrique, celle de la presse étrangère, n'a toutefois ni l'intention d'être exhaustive, ni d'être complète.*

*Nous avons décidé de faire autrement, soit en abordant un sujet plein de polémiques, soit encore dans le but de faire découvrir à nos lecteurs l'intérêt présenté par certains articles publiés dans la presse étrangère, la date ou l'origine de ceux-ci n'étant pas pris en compte.*

*Jean Hiraga*

## **Phase absolue et mesure des enveloppes spectrographiques.**

**M. Minoru Ito.**

**Laboratoire d'électro-acoustique Mitsubishi Radio Gijutsu, juin 1986, pages 167 à 169.**

Il y a quelques années encore, la notion de phase absolue n'était connue que de quelques initiés que l'on ne prenait pas toujours au sérieux. On s'intéressait par contre de très près au paramètre de linéarité de phase en fonction de la fréquence des haut-parleurs en oubliant quelque peu celle des microphones de différents types. Sachons par exemple, que la caractéristique de phase en fonction de la fré-

quence d'un microphone de mesure très connu, le B & K 4133, n'est pas parfaitement droite et qu'une rotation d'une vingtaine de degrés peut être constatée à 20 kHz, ceci malgré une linéarité de réponse en fréquence digne d'un microphone de mesure. Or, un microphone destiné non pas aux mesures mais à la prise de son est loin d'atteindre cette linéarité de phase ou de réponse en fréquence, le plus parfait aux mesures n'étant d'ailleurs pas toujours le plus satisfaisant sur le critère de fidélité subjective. Sur un grand nombre d'enregistrements, le problème se complique en raison de l'application de la technique de prise de son multi-micros, chacun d'entre eux ayant sa propre réponse phase/fréquence. Ajoutons à ce sujet que

ces prises de son induisent de nombreux problèmes de distorsion de phase, de sons captés avec des décalages temporels. Certains microphones font parfois appel à des technologies mixtes (électrodynamique + ruban, électrodynamique + condensateur) pour lesquels la courbe de phase résultante et les doubles capsules ont des effets de répétition ou d'échos non voulus pouvant se créer, en particulier lors des enregistrements multi-micros. Il faut y ajouter parfois des erreurs de phase involontaires, les microphones à condensateurs de différentes origines ne comportant pas toujours le même circuit.

L'article de M. Ito sort des « phases battues ». Bien que ne s'étalant que sur quatre pages, ce chercheur démontre les inciden-

ces évidentes de la phase absolue sur l'écoute subjective ou plus exactement sur la fidélité de perception de timbres de tessiture variée. La voix parlée, par exemple, peut produire aux mesures des variations de puissance acoustique instantanée comprises entre 2 et 1 500  $\mu\text{W}$ , la puissance moyenne n'étant que de 50  $\mu\text{W}$ , soit 30 fois moins que les crêtes mesurées. Les voix et des instruments comme le piano sont composés d'un très grand nombre de fréquences sinusoïdales pures, l'enveloppe spectrographique prenant une allure très accidentée. M. Ito montre, sur la

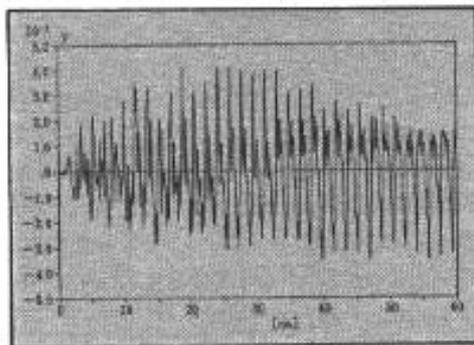


Fig. 1 : Spectrogramme du do 5 d'un piano pendant 60 ms.

figure 1, le spectrogramme d'une note de piano (do 5), celle-ci pendant une période de 60 ms. On remarquera l'extrême complexité du message qui ne concerne pourtant que le son d'un seul instrument capté dans une chambre sourde, ceci pendant une très courte période. L'enveloppe sonore de la figure 1 étant difficile à analyser, Minoru Ito a compressé en amplitude et expansé en temps ce signal que l'on trouvera représenté sur la figure 2. Ce signal expansé en temps prenant une allure beaucoup trop « cinémascope », la représentation de celui-ci a été faite en six portions de 10 ms chacune, montrant à la fois sa grande complexité, son absence de symétrie en amplitude ainsi que les altérations faibles mais visibles de chaque motif cyclique. Cette constatation confirme le fait qu'un son dit « musical » est formé d'une multitude de sons qui ne prennent une personnalité, une « vie

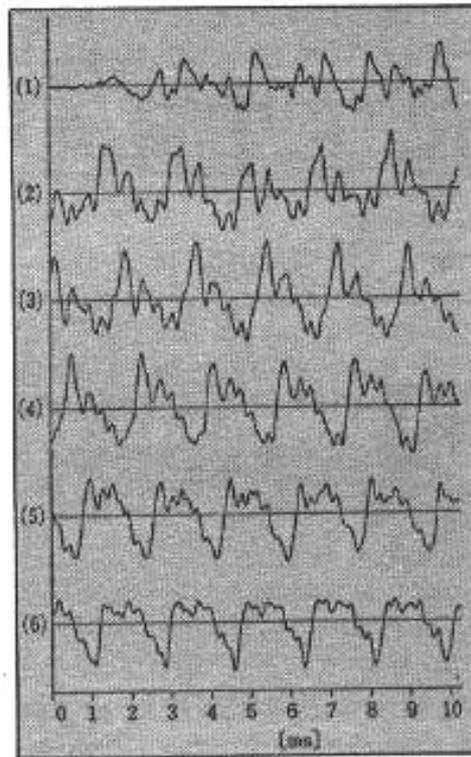


Fig. 2 : Signal de la figure 1, mais compressé en amplitude et expansé dans l'axe temps, montrant l'asymétrie des formes d'ondes et les petites dissymétries sur les cycles répétitifs.

musicale » que sous une forme combinée. Ce qui fait le charme de la musique est sans doute cette absence de répétitivité parfaite des enveloppes spectrales examinées de près. C'est en effectuant des écoutes en chambre sourde sur des enceintes de référence que Minoru Ito a pu démontrer l'importance du respect de la phase absolue. Pour des types de sons précis, l'impression de naturel est évidente lorsque le signal émis par les enceintes est en phase absolue avec le signal d'origine. Lorsque la phase est inversée, il se produit des effets subjectifs multiples, allant du flou sonore aux pertes de focalisation en passant par des altérations de timbre les plus variées.

Monsieur Ito montre ensuite les fortes dissymétries de la forme d'onde produite par la voix humaine. La figure 3 représente les voyelles « i » et « o » qui, comme on le constate, sont loin de s'apparenter à des sinusoïdes. L'analyse de la forme spectrale de la syllabe « ka »

rend compte de la densité de l'information, l'attaque « k » produisant des transitoires dont la polarité est de tendance positive. Là aussi a pu être démontré l'importance de la phase absolue sur le naturel de la restitution ainsi que les distorsions de phase introduites par les prises de son multi-micros.

Mais les investigations de ce chercheur japonais ont abouti à des constatations d'une grande importance. Il a tout d'abord été constaté, mesures précises à l'appui que la majorité des enceintes sont incapables de

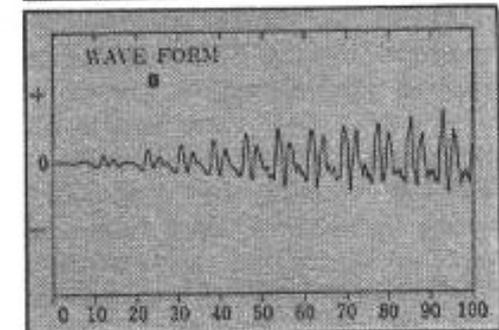
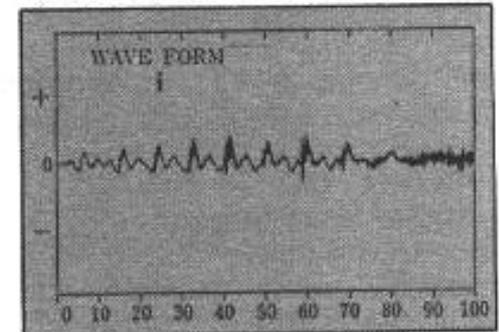


Fig. 3 : Spectrogrammes des voyelles « i » et « o » de la voix. On remarquera que la forme de ces signaux ne s'apparente pas du tout à une succession de sinusoïdes.

reproduire en inversion de phase un « signal miroir » du même signal émis en phase. S'il est relativement facile de mesurer statiquement les non-symétries des forces de rappel de l'équipage mobile (spider + suspension périphérique), Minoru Ito démontre ainsi que dès que le haut-parleur reçoit un signal complexe, il est non seulement peu fidèle, rarement linéaire en réponse amplitude/fréquence, mais devient facilement asymétrique. Il suffit pour s'en persuader de « figer » sur le « FFT » (analyseur de spectre) un signal audio

émis par une enceinte, puis de le comparer au signal « miroir » émis par la même enceinte aux bornes de laquelle est appliqué le

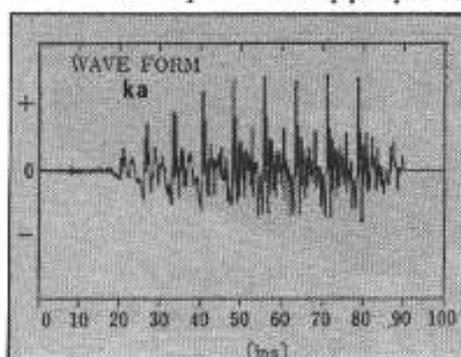


Fig. 4 : Mise en évidence de l'aspect fortement asymétrique (transitoires dont la polarité est de tendance positive) constaté sur le spectrogramme de la syllabe « ka » pour laquelle la notion de phase absolue est évidente.

même signal, mais en inversion de phase. Sur des formes d'ondes composées de nombreux transitoires positifs ou négatifs, les pertes de symétrie sont flagrantes. Ce chercheur du laboratoire d'électroacoustique Mitsubishi nous apporte ainsi une réponse que l'on n'attendait pas : les différences perçues lorsque la paire d'enceintes est reliée en phase absolue ou non proviennent non seulement de notre pouvoir de détection de cette phase absolue mais aussi d'un problème d'asymétrie de travail des haut-parleurs soumis à un régime transitoire. Autre constatation fort intéressante : des enceintes, la plupart de faible rendement, tendent à arrondir, à simplifier les sons, à donner l'impression de « monter moins haut dans l'aigu » (même si les mesures tendent à prouver le contraire) pour une raison de perte brutale de sensibilité lors de la transcription des signaux de faible amplitude. La figure 5 parlera d'elle-même. Dernière constatation : une polarité +, une borne rouge d'une enceinte étrangère correspond parfois à la borne - d'une enceinte d'origine différente. D'où le conseil de la vérification de la vraie polarité soit à l'aide d'un générateur d'impulsions positives ou

négatives, soit à l'aide d'une pile.

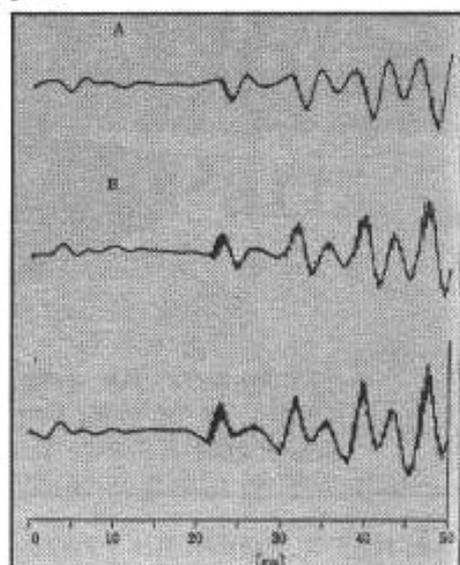


Fig. 5 : Comparaison d'un signal audio (début de la voyelle « i ») sur deux enceintes. Le modèle A, en haut, est une version importée, à faible rendement, sur laquelle la borne + correspond à la borne - de l'enceinte B restituant la courbe représentée au centre, ce qui explique l'inversion de phase constatée. Les deux courbes sont comparées au signal direct. Noter, sur l'enceinte A, le phénomène de compression d'amplitude ainsi que la perte de sensibilité sur les très faibles niveaux se traduisant ici par le « lissage » du signal (disparition des harmoniques de rang élevé).

On en tire pour conclusion qu'à partir d'un enregistrement « multi-micros » le test de la phase absolue ne présente pas un grand intérêt, le procédé détruisant en partie la possibilité de reconnaissance de celle-ci. Par contre, sur les enregistrements effectués à partir d'une paire microphonique, la phase absolue n'est pas à négliger. A condition bien sûr de disposer de maillons (enceintes en particulier) dont l'association met bien en évidence l'importance de celle-ci. Dernière constatation : les défauts de non-symétrie en régime transitoire et le phénomène de « lissage » des micro-informations sont beaucoup plus graves que les effets produits par différents types de distorsion constatés sur les électroniques à tubes ou à transistors.

# TOUTE LA VERITE

sur les  
enceintes **confluence** ?

vous ne la croiriez pas ;  
ça ressemblerait à  
de la publicité...

nous préférons vous dire

## CROYEZ EN VOS OREILLES !

une bonne écoute  
vaut mieux qu'un  
long discours...

Bancs d'essai, documentations, liste des  
revendeurs, renseignements sur demande à



le Roudier BP 29  
24110 ST ASTIER  
Tél. : 53-54-05-55  
Minitel 3616 code Hifitel