

N° 10 NOUVEAU 53312 13<sup>e</sup> ANNÉE

HAUTE FIDÉLITÉ PLUS!

# L'AUDIOPHILE

**LE PANORAMA INTERNATIONAL  
de 55 enceintes acoustiques**  
(toutes écoutées !)

## LES MUSES D'OR



**MARTIN LOGAN**  
Monolith III

## MUSIQUE

César Franck  
Les nouveautés  
sélectionnées  
Classique et Jazz

• *QUOI DE NEUF ?*  
Enceintes acoustiques :  
tendances et évolutions

• *NAGUERE*  
Le Paragon JBL

• *REALISATION :*  
Ampli à tubes  
pour casque statique

• *ACOUSTIQUE  
ET ARCHITECTURE*

**NOUVELLES  
TECHNOLOGIES**  
Les nouveaux  
aimants



M 2569 - 10 - 55,00 F



**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**



**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**



**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**



**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

# ENCEINTES ACOUSTIQUES TENDANCES ET EVOLUTIONS



*Le transducteur électro-mécano-acoustique, la « machine qui parle haut », est une invention vieille de plus de 50 ans qui a subi au cours des années différentes évolutions à partir de principes dont l'origine remonte soit au début de ce siècle comme le haut-parleur électrodynamique, à ruban, électrostatique, isodynamique soit, après les années 50 comme le ionique, le vent corona, la magnétostriction, le piezo, le haut polymère, le plasma froid ou le numérique. Repris, délaissés, repris de nouveau, ces différents types de haut-parleurs s'améliorent peu à peu et frôlent parfois même leurs limites théoriques.*

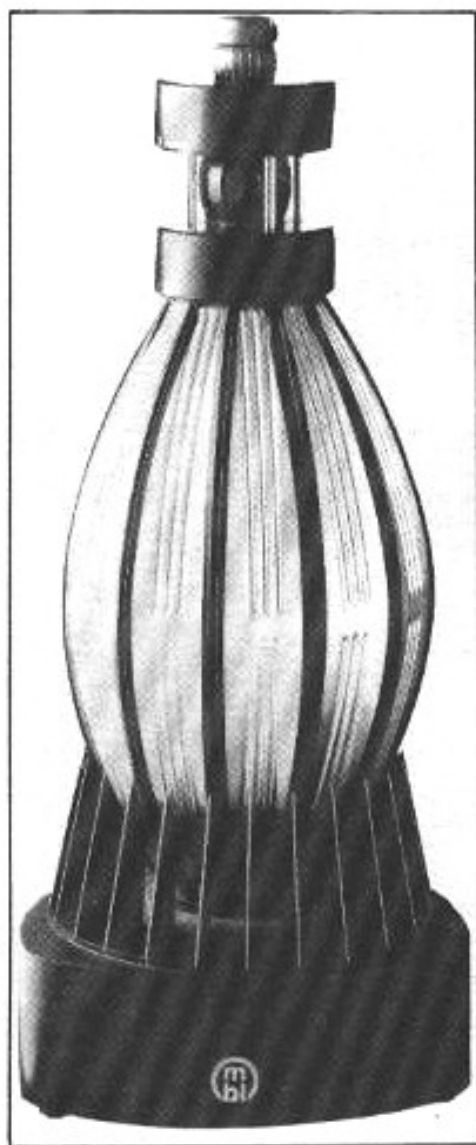
## Evolution technologiques

Toujours rien de vraiment révolutionnaire sous le ciel de 1990 dans le domaine des transducteurs électro-mécano-acoustiques. C'est un créneau dans lequel la recherche pure fait souvent place à une recherche « pré-orientée » qui tient sérieusement compte de la rentabilité et des possibilités du marché. De ce point de vue, il n'est pas vraiment exagéré de dire que les Français aiment inventer, que les Américains osent souvent faire les premiers pas pour investir et que les Japonais perfectionnent

les produits pour les rendre compétitifs fiables et y ajoutent leur savoir-faire pour une fabrication en grande série. La plupart des haut-parleurs dits « révolutionnaires » ne sont, en majeure partie, que des améliorations de principes établis depuis fort longtemps. La protection d'un éventuel « inventeur » se limite alors à des modèles déposés, à des dépôts de brevets « indirects » concernant des matériaux ou des petits détails de fabrication. Le haut-parleur de Rice Kellog de 1925 ressemble fortement aux haut-parleurs électrodynamiques d'aujourd'hui, lesquels ont été en revanche per-

fectionnés sur pratiquement chaque détail. Mais, dans son ensemble, le haut-parleur électrodynamique continuera de survivre car il reste encore impossible de réaliser un dispositif aussi simple qu'une bobine mobile, un cône et un circuit magnétique.

Vulgarisé à partir de 1955 grâce à la firme britannique Quad, le haut-parleur électrostatique connaît un succès constant bien que restant incapable de détrôner le haut-parleur électrodynamique pour des questions d'encombrement et de coût de revient. Aujourd'hui, on a fini par savoir comment rendre



*Haut-parleur MBL Radialstrahler. Il tente de se rapprocher de la sphère pulsante par déformation de membranes allongées à l'aide d'une bobine mobile positionnée verticalement à leur base.*

ces haut-parleurs plus résistants à l'humidité, capables de restituer des niveaux acoustiques importants et des fréquences graves sans les problèmes de limitation de niveau acoustique que l'on connaissait autrefois. Les effets directifs, le manque d'assise dans le sous-grave ont pu être corrigés à l'aide de lentilles acoustiques (Beveridge, Klimo), de membranes curvilignes (Quad ESL, Martin Logan) et d'association hybride panneaux ESL/caissons graves à haut-parleurs électrodynamiques

(Beveridge, Martin Logan, pour n'en citer que deux parmi bien d'autres). Sur les premiers haut-parleurs électrostatiques, la métallisation de la surface de la membrane posait des problèmes de fiabilité : volatilisation des zones entrant en amorçage lors de surmodulations, micro-coupures entraînant des discontinuités de conductibilité en surface. Il s'y ajoutait des phénomènes de vieillissement de la membrane : formation de plis, durcissement dû à l'air ambiant et aux rayons ultra-violets. Ces défauts ont été pratiquement supprimés sur les versions actuelles. On fait à présent appel à des matériaux pré-étirés, parfois traités en surface pour mieux supporter les rayons ultra-violets. Le fonctionnement en push-pull dit à charge constante est réalisé à présent à l'aide de films de polymère qui sont rendus très légèrement conducteurs (ils restent pratiquement transparents) par vaporisation sous vide et par dépôt électrostatique de métaux ou d'oxydes (oxyde de cuivre/palladium ou bien encore oxyde d'indium/oxyde d'étain). Par cette méthode est obtenue une conductibilité en surface de faible valeur mais extrêmement constante. Sous des tensions de polarisation élevée, on peut obtenir une charge électrostatique uniforme, une charge constante quelle que soit la position de la membrane, le tout sans risque d'amorçage franc susceptible de perforer la membrane. En isolant très fortement les grilles perforées, il est possible de supprimer tout risque d'amorçage et même de supprimer les membranes de protection des cellules.

Vouloir augmenter le niveau acoustique maximal pose des difficultés que l'on a tenté de pallier soit en augmentant simultanément l'espace membrane/électrodes fixes et la tension de polarisation, soit en améliorant l'isolement des électrodes perforées (tendance générale), soit en

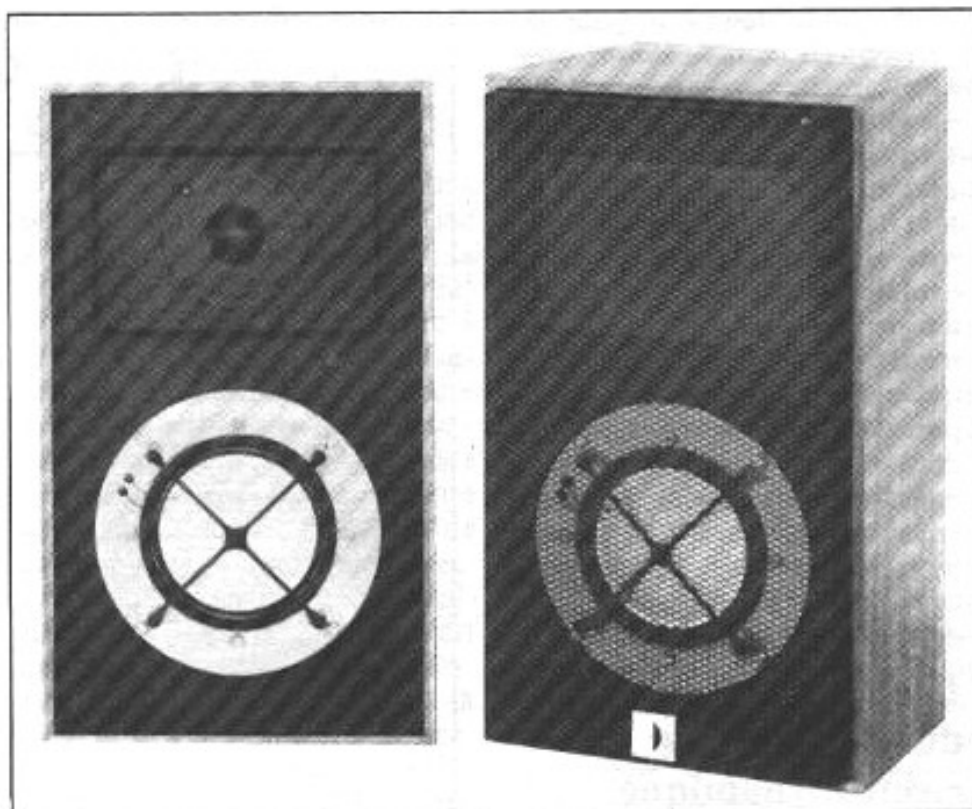
plaçant le transducteur dans une enveloppe étanche (mais acoustiquement transparente) remplie d'un gaz inerte (l'hexafluorure de soufre a déjà été utilisé par Dayton Wright sur ses panneaux électrostatiques curvilignes de même que sur des tweeters électrostatiques expérimentaux chargeant des pavillons).

Les recherches sur les films plastiques à haute stabilité mécanique ont trouvé rapidement des applications dans l'industrie audio, ce qui a permis aux microphones, aux casques, aux haut-parleurs électrostatiques, isodynamiques ou à multi-rubans de s'améliorer sur les critères de tenue en puissance et de bande passante. Mais améliorer simultanément tous les paramètres n'est pas toujours possible. Une membrane ultra-fine (des constructeurs comme Stax Industries sont passés au-dessous de  $3 \mu\text{m}$ ) devient forcément plus fragile qu'une membrane plus épaisse. Des matériaux très résistants à la température (polyimide et dérivés) ont tendance à manquer de souplesse et à devenir « bruyants » (bruit de cellophane froissée) dès que la membrane entre en mode de fractionnement. On a trouvé quelques remèdes en associant plusieurs matériaux, en ajoutant des traitements de surface ou bien par gaufrage en vue des meilleurs compromis entre les paramètres de masse mobile, de pertes internes, de vitesse de propagation, de module de Young et de tenue mécanique en fonction de la température.

Signalons au passage que les progrès récents constatés sur les haut-parleurs électrostatiques semblent avoir été fortement influencés par ceux effectués au niveau des diélectriques pour condensateurs fixes, par les films plastiques conducteurs pour photocopieurs à haute définition ou servant de support pour des bandes magnétiques métal, 8 mm vidéo ou DAT. Le



même type d'influence se retrouve au niveau des membranes pour haut-parleurs électrodynamiques, l'origine pouvant en être par exemple une recherche sur des tissus synthétiques de faible épaisseur, capables d'être imprégnés, moulés à chaud, résistants aux phénomènes de cisaillement dont les applications peuvent concerner bien d'autres domaines, depuis le soutien-gorge jusqu'aux voiliers en passant par les cerf-volants et les planeurs. En l'espace de cinquante ans, des matériaux extraordinairement variés ont été utilisés sur les haut-parleurs : pulpe de cellulose, matières minérales (le mica semble de nouveau intéresser plusieurs constructeurs japonais), métaux, métalloïdes, matières synthétiques, matériaux composites, structures hybrides (sandwich, nids d'abeilles). Pour les structures hybrides et sandwich, il ne faut pas omettre l'importance des liants, des colles et des vernis. Pour réaliser un haut-parleur électrodynamique on peut avoir besoin d'une dizaine de types de colles aux propriétés très différentes : caoutchouc, néoprène, chloroprène, époxy, vinylique, acrylique, polyuréthane, polyamide, cyanoacrylate, polyimide-amide, butyle, « hot melt », etc. La moindre erreur, une mauvaise connaissance des propriétés d'une colle ou de son comportement en association avec un matériau donné, avec l'air ambiant ou sous contrainte mécanique peuvent créer de gros problèmes de fiabilité. Une colle trop dure par exemple, servant à fixer les connexions de sortie d'une bobine mobile peut se briser par cisaillement et produire des vibrations parasites à certaines fréquences ou rompre les connexions de sortie après quelques mois d'utilisation. Au niveau de la bobine mobile, il a été mis au point des colles particulièrement résistantes à la tem-



*Haut-parleur Péridyne. Ce haut-parleur électrodynamique, conçu en Suisse au cours des années 60, utilise un dôme mû par une bobine mobile périphérique. Le circuit magnétique en forme de couronne dégage toute la partie dorsale de la membrane. Du côté convexe, le spider est réduit à deux fils stabilisateurs disposés en croix. Ce haut-parleur est fabriqué aujourd'hui sous la marque Theadsound, à Couvet en Suisse.*

pérature. Ces colles cuites au four, polymérisantes, font partie de techniques qui sont devenues courantes, de même que l'utilisation de supports de bobine participant à une bonne tenue thermique : aluminium, alliages légers, Nomex, etc.

## Les matériaux

Pour la confection des membranes, on a recours à différents matériaux dont les origines sont très variées. La liste est très longue et les constructeurs ont tendance — ce qui se comprend — à ne pas révéler la composition exacte de leurs membranes, ce qui ne facilite pas la tâche. La grande mode des membranes planes (années 70-80) de structure nid d'abeilles se perd peu à peu, sans doute pour des questions de coût de revient et fait place maintenant soit à des struc-

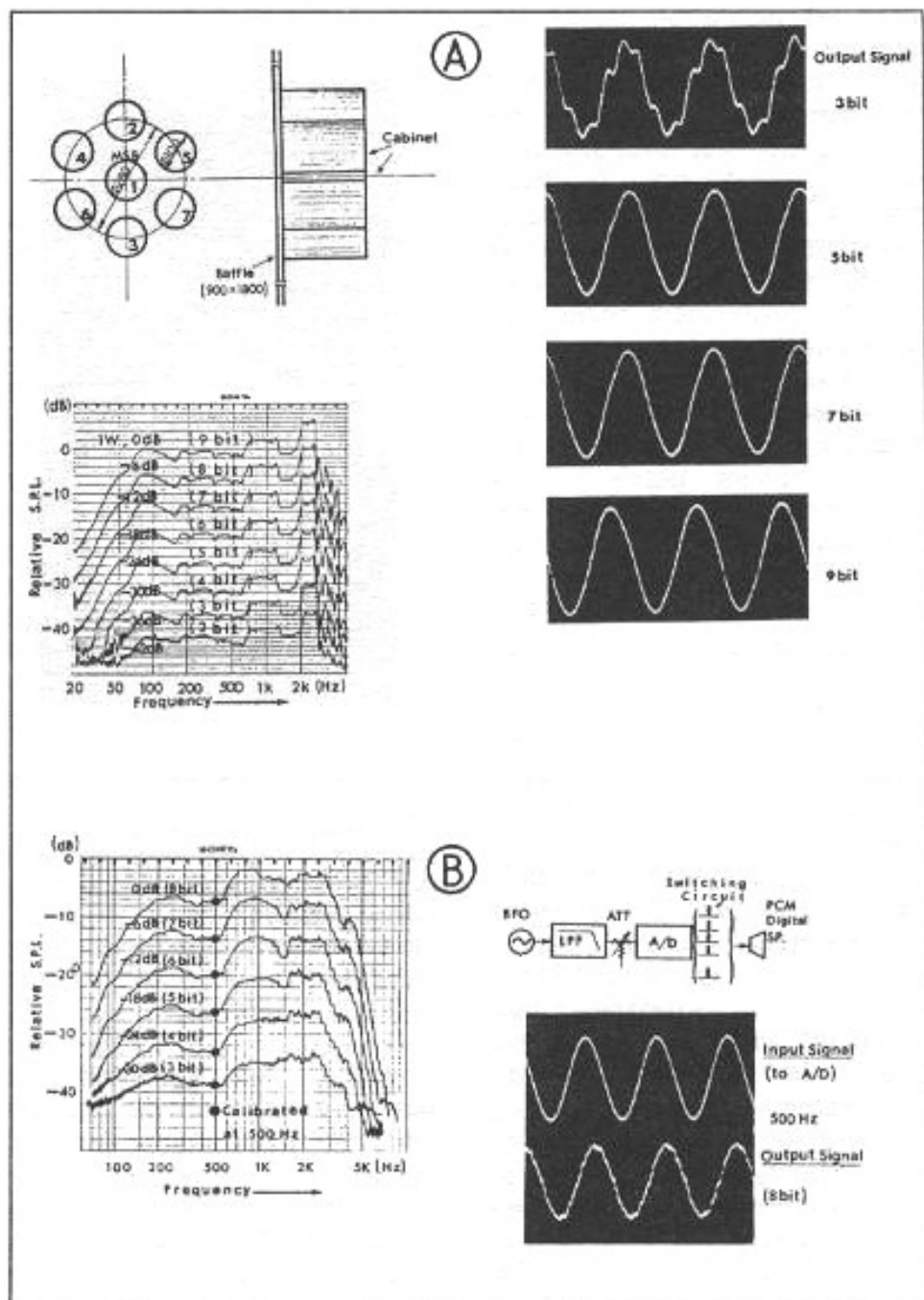
tures composites plus simples rappelant les premières réalisations de Leak, Kef ou Wharfedale, lesquelles furent reprises peu après par BES, Yamaha, Shodensha, Nikkei, Fisher, Sharp, Jensen, Advanced Acoustic, Nippon Tuni, Toshiba. Leurs vraies origines remontent sans doute au haut-parleur de R.W. Paul et de B.S. Cohen qui sont les auteurs du haut-parleur à diaphragme plan en balsa (août 1930). La course aux structures et aux matériaux ultra-légers et ultra-rigides est à présent remplacée en grande partie par l'utilisation de matières synthétiques simples (polypropylène entre autres) ou composites (chargées de poudre ou de fibres de carbone). Du côté des châssis de haut-parleur, on note peu d'évolutions sinon un retour, pour quelques produits de qualité, aux châssis en alliage léger



ainsi qu'une tendance pour des versions en matière synthétique. Les circuits magnétiques évoluent peu. Les structures anti-fuites (magnétiques) sont conçues non pas en vue d'un meilleur rendement énergétique, mais seulement pour éviter des problèmes d'interférence avec des maillons vidéo. Rien de vraiment nouveau également en ce qui concerne les aimants mis à part le Neodim (Neodymium) dont le coût pourrait baisser dans les années à venir. Plusieurs constructeurs dont JBL, Kef et Electro-Voice font déjà appel à ce type d'aimant très puissant et de faible encombrement.

## Les variantes du haut-parleur électrodynamique

Elles sont très nombreuses. La bobine mobile peut s'utiliser seule ou en association avec d'autres bobines pour mouvoir un diaphragme plan, plein (mousse synthétique moulée) ou composite (nid d'abeille, mousse + feuille d'aluminium). La multiplication des bobines mobiles complique toutefois la fabrication qui doit atteindre des tolérances serrées (centrage), qui doit résister au vieillissement (les suspensions du haut-parleur, placé en position verticale, tendent à s'affaisser) sur des haut-parleurs dont l'amplitude de déplacement des bobines mobiles doit atteindre plusieurs millimètres (voire même plus de 15 mm), ce qui implique la mise en place d'un double spider ou d'une suspension spéciale « anti-roulis ». Ce problème de centrages multiples lié au vieillissement explique l'échec commercial d'une bonne partie des haut-parleurs de ce type, dont les qualités sont parfois indéniables. Il ne faut donc pas s'étonner de constater qu'une bonne partie des enceintes de très haut de gamme parues récemment reprennent le principe plus clas-



*Haut-parleurs numériques. Résultats obtenus soit à partir de haut-parleurs multiples (A), soit à partir d'un haut-parleur à bobines multiples. On remarquera que la bande passante obtenue ne dépasse guère 3 kHz (Sony, 1982).*

sique des membranes en pulpe de cellulose ou en titane (c'est le cas du très haut de gamme K2 de JBL).

Le haut-parleur à ruban, dont l'origine remonte aux années 20 (E. Gerlach, Janvier 1923) connaît un regain de popularité depuis que la firme américaine Apogée Acoustic en a fait un système de reproduction sonore à large bande et à haute tenue en puissance. Les conceptions, les variantes proches ou assez pro-

ches n'ont pas manqué : Blatthaller, de Siemens/Riegger, 1926 ; haut-parleur Riffel de Gerlach ; Blatthallers miniatures de Gamzon ; de Kelly ; de Wharfedale ; de Gogny (Orthophasé) années 1950-1960 ; haut-parleur isodynamique Magneplanar (USA, 1970) ; variantes du principe Gamzon (JVC, Kagéyama, Fostex, Yamaha). Le principe Blatthaller/Gamzon avec conducteurs rapportés sur un diaphragme plan associe les avantages

de la grande surface active (grande surface motrice) et de l'absence de réglage des entrefers (que connaissait l'Orthophasé de Gogny).

## Le mode de rayonnement

Il est en général lié au principe même du transducteur. Les systèmes comportant une grande membrane plane travaillent en principe en doublet acoustique : ESL, isodynamiques, rubans large bande. Dans les autres cas l'onde arrière est soit absorbée (imparfaitement), soit utilisée dans un coffret à évent accordé, soit sur une charge différente (labyrinthe, cavités accordés multiples, pavillon, second haut-parleur, radiateur passif). Le mode de rayonnement peut être également étudié dans un but précis comme sur les systèmes Bose, séries 901, sur les systèmes Allison ou bien sur des systèmes du genre Jensen. Le résultat étant soit un effet spatial donné, soit un élargissement de la zone d'écoute optimale, soit encore un effet stéréophonique à partir d'un seul point, l'inverse consistant à créer des sources fictives en insérant un processeur d'effets sonores, soit encore en créant des systèmes dont l'objectif est d'atténuer ou de supprimer la diaphonie entre la paire d'enceintes et les deux oreilles de l'auditeur (cas de quelques modèles créés aux USA par Polk Audio).

Pour des raisons d'encombrement, le retour vers les enceintes colonnes est marqué et il serait impossible de citer toutes les références parues ces deux ou trois dernières années. L'alignement vertical des haut-parleurs favorise l'effet stéréophonique et la ponctualité des sources fictives. Aux « lignes » du style Mac Intosh et Infinity (nombre importants de haut-parleurs superposés) s'ajoutent les systèmes symétriques tels que ceux

décrits outre-atlantique par M. Joe D'Appolito.

## Formes et volumes

Bien qu'il y ait tout intérêt à utiliser des enceintes de volume adapté, donc important, pour la reproduction des fréquences graves, de même que des formes à parois non parallèles, de nombreuses considérations d'ordre pratique, esthétique et commercial aboutissent à des résultats opposés. L'utilisateur oriente son choix vers des enceintes de petit volume, des mini-enceintes. Les enceintes à parois non parallèles sont mal acceptées, ainsi que les formes trop arrondies. Les compromis consistent à trouver des formes dont l'esthétique est plaisante (Infinity séries Kappa, JBL série XPL, Confluence, etc. Un autre compromis consiste à modifier la forme des parois internes de l'enceinte, ce qui est plus rare et plus coûteux.

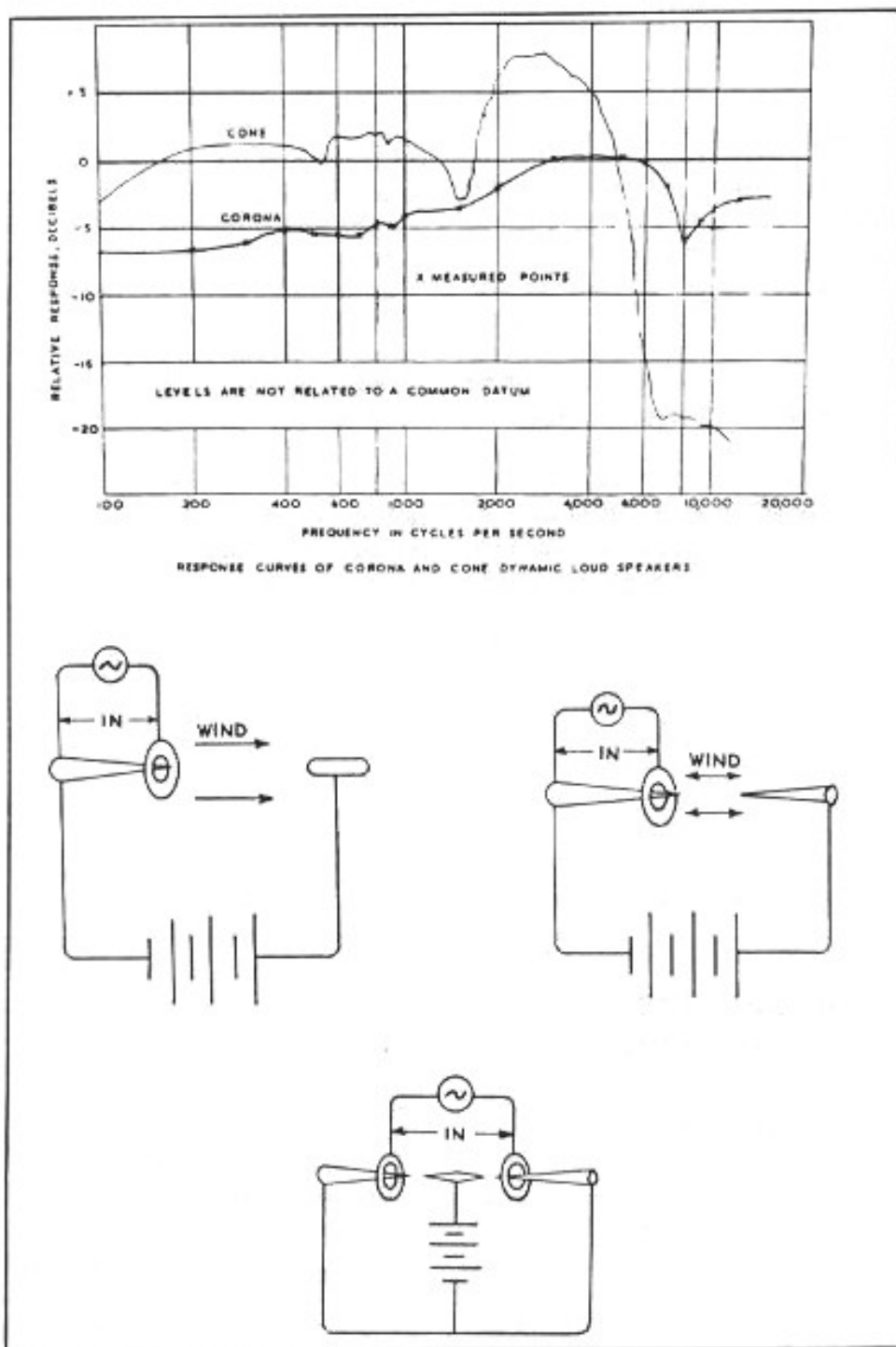
## Haut-parleurs révolutionnaires

Comme énoncé plus haut, il ne semble pas que l'on ait trouvé de formule idéale sur le plan de la transduction électro-mécano-acoustique qui soit également d'un faible encombrement et d'un faible prix de revient. Le haut-parleur à vent Corona de David Tombs (Revue Nature, 1955) décrit dans la revue de l'AES par Gérard Shirley de la firme Televox était capable de reproduire (sous un niveau acoustique très faible), sans l'aide d'aucune membrane, une plage de fréquences supérieures à la gamme audible. Baptisé CWLS (Corona Wind Loud Speaker) ce haut-parleur sous sa forme simple ou push-pull travaillait selon un principe pratiquement identique à celui du système Toltèque à plasma froid. Le prototype décrit par Gérard Shirley était attaqué par une

triode 6BD4A alimentée par une tension de 20 kV. L'amplitude du signal audio de sortie était de l'ordre de 2 kV. Une description plus complète du CWLS est parue en juin 1957 dans la revue américaine Electronics. La difficulté de réalisation de ce haut-parleur dépourvu de membrane se situe au niveau des électrodes dont la forme et le positionnement sont critiques. Une autre difficulté à surmonter est celle de l'isolement des différentes structures et des éventuels transformateurs drivers. De ce côté, la solution la plus fiable semble être un retour aux tubes, mais d'émission cette fois, qui nécessitent une ventilation forcée mais qui, en association avec des composants spéciaux ne devraient pas poser de gros problèmes de fiabilité, du moins à moyen terme. Un gros inconvénient du haut-parleur à plasma froid est celui de son encombrement : il reste lié au paramètre du niveau acoustique maximum.

Quand au haut-parleur numérique, il n'en est encore qu'à ses balbutiements. L'avenir nous dira quelles solutions adopter : haut-parleur à bobines mobiles multiples, haut-parleurs multiples, « condensateurs » acoustiques, membranes « haut polymères » multi-couches ou bien ? Dans l'état actuel des recherches, les quelques 3,5 kHz de bande passante sont encore très insuffisants.

Le principe de la sphère pulsanse repose quant à lui sur plusieurs impossibilités. La paroi de la sphère devrait être capable d'effectuer un mouvement de « respiration », d'expansion et de rétraction, sans inertie tout en conservant une rigidité parfaite de sa paroi. Le principe du ballon que l'on fait « respirer » par l'intermédiaire d'un piston actionné par une bobine mobile ne fonctionne donc guère que dans notre imagination. Ceci d'autant plus qu'une autre impossibilité concerne son dia-



*Principe du haut-parleur à vent Corona simple et push-pull (à plasma froid) de David M. Tombs, décrit par Gerald Shirley en 1956 à l'AES de New York. Le prototype était déjà capable de couvrir toute la bande audio, mais sous un niveau acoustique très faible. Le système utilisait des tapis d'aiguilles faisant face à une grille. D'autres configurations plus intéressantes des électrodes sont possibles, dont celle adoptée par le système français Toltèque.*

mètre par rapport à celui de la longueur d'onde émise : gros diamètre et forte pulsation sont nécessaires à l'obtention d'un niveau sonore élevé à basse fréquence et très faible diamètre pour éviter des problèmes de déphasage aux fréquences élevées. On compte au moins qua-

tre tentatives de ce genre :

— haut-parleur électrodynamique MBL Radialstrahler. Il consiste à déformer, à l'aide d'une bobine mobile, des membranes curvilignes disposées verticalement au-dessus et autour de cette bobine et dont l'association procure une forme ovoïde ;

— haut-parleur à haut polymère piezo-électrique qui reprend les principes Pioneer et Thomson mais avec une membrane sphérique, ce qui complique sérieusement la fabrication des membranes ;

— haut-parleur électrostatique simple effet à membrane sphérique. La réalisation est difficile, les membranes devant être préformées puis disposées sur un châssis sphérique avec cellules en forme de triangle ou d'hexagone. Conçu pour la reproduction de fréquences élevées, sa réalisation dans des dimensions très réduites est pratiquement impossible ;

— haut-parleur à magnétostriction de S. Klein. Son principe et sa forme parfaitement sphérique en font une très bonne approche de la sphère pulsante.

## D'autres solutions d'avenir ?

Il reste à résoudre le problème de l'interface enceinte salle d'écoute, laquelle est liée par la force des choses aux principes de la stéréophonie à deux canaux et de l'écoute binaurale.

La prise de son à l'aide d'une tête artificielle semble être une solution idéale. Pourtant, cette solution ne permet pas de capter une source émissive sous tous ses angles de façon simultanée. La prise de son à partir d'un seul point introduit ces paramètres uniquement à travers les caractéristiques du milieu acoustique dans lequel a été effectuée la prise de son. A cette déformation s'ajoutent celles de la reproduction dans un local aux caractéristiques acoustiques différentes et d'un haut-parleur dont les caractéristiques de directivité n'ont rien à voir avec celles de la source sonore : elles sont fixes pour le haut-parleur mais varient sans cesse selon la source (voix, trompette, piano, etc). De ce fait, et pour une prise de son et

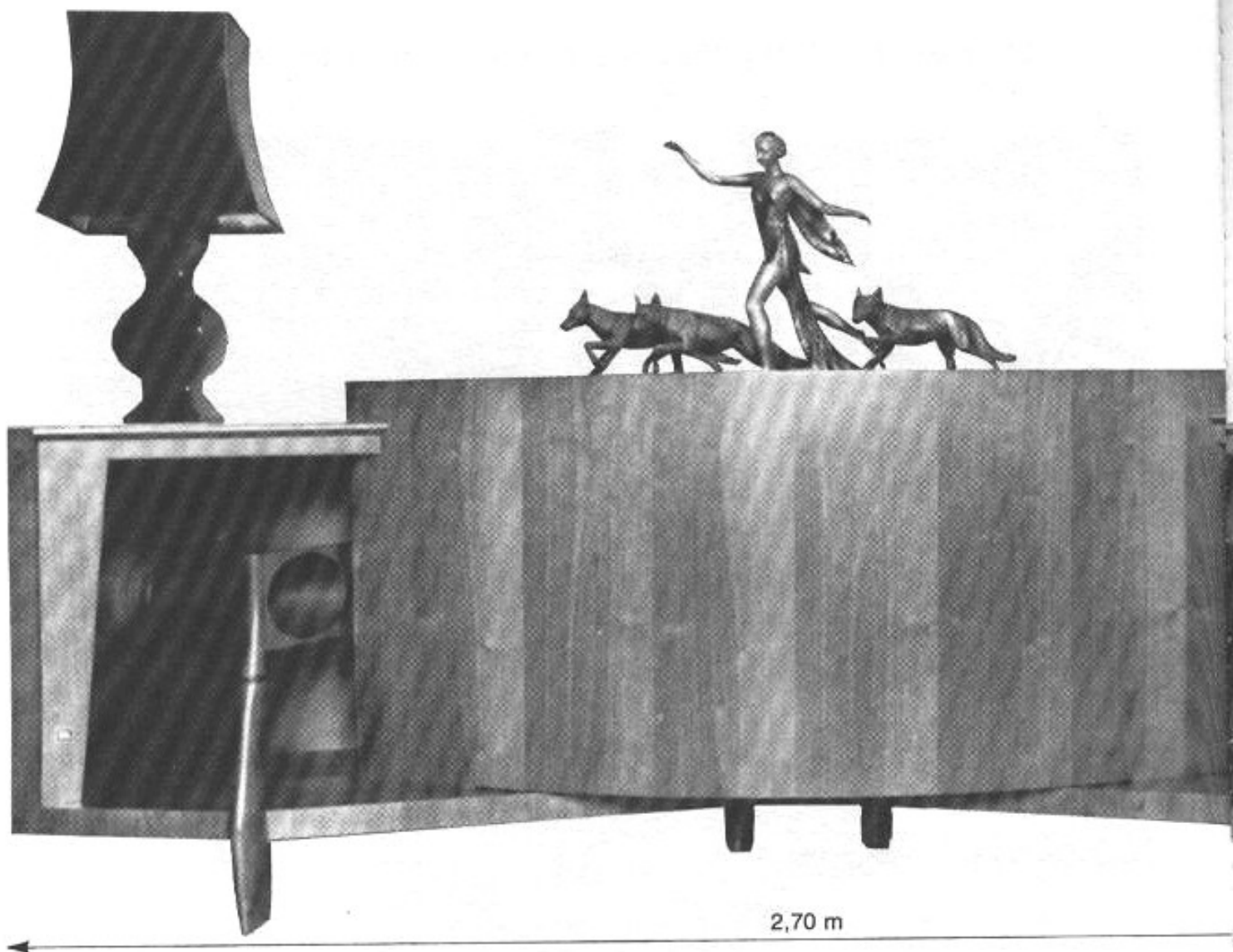


une reproduction sonore en « vrai relief », il faudrait passer du système à deux canaux à un système totalement différent, semblable à celui de l'holographie par rayon laser. A la reproduction, un piano devrait rayonner acoustiquement exactement de la même manière que le vrai, ce qui signifie que l'auditeur devrait avoir la possibilité de s'en approcher, de le contourner, de l'écouter de côté, du dessus ou du dessous comme dans la réalité, sans qu'il se pose de problèmes de positionnement, de direction, de distance ou de niveau acoustique. Cette condition signifie que les sources fictives perçues entre les enceintes dans le principe stéréophonique classique devraient faire place à des sources sonores réelles et tridimensionnelles, mais produites par des objets insaisissables, comme en holographie. En baptisant ce principe « holophonie » sa superposition avec l'holographie pourrait donner l'illusion de la réalité. D'un côté, la localisation des sources sonores est devenue possible grâce à des systèmes de microphones différentiels semblables à ceux de Brüel et Kjaær. D'un autre côté, Siegfried Klein avait déjà pu démontrer, en 1954, qu'il était possible de créer des sources réelles dans l'espace (un stéthoscope permettait de vérifier que le son se produisait, sans aucun support matériel, à un endroit précis dans l'espace et que la position de l'auditeur était indifférente) tout ceci grâce à un système de deux haut-parleurs ioniques disposés face à face, à quelques mètres de distance l'un de l'autre et travaillant selon le principe de l'interférence en mode ultrasonique ( $30 \text{ kHz} - 29,56 \text{ kHz} = 440 \text{ Hz}$  par exemple). En ajoutant à ces deux idées des systèmes de balayage tridimensionnel, de codage de positionnement, la fiction pourrait peut-être devenir réalité. Ce n'est sûrement pas pour demain.

**Page non  
disponible**



**Page non  
disponible**

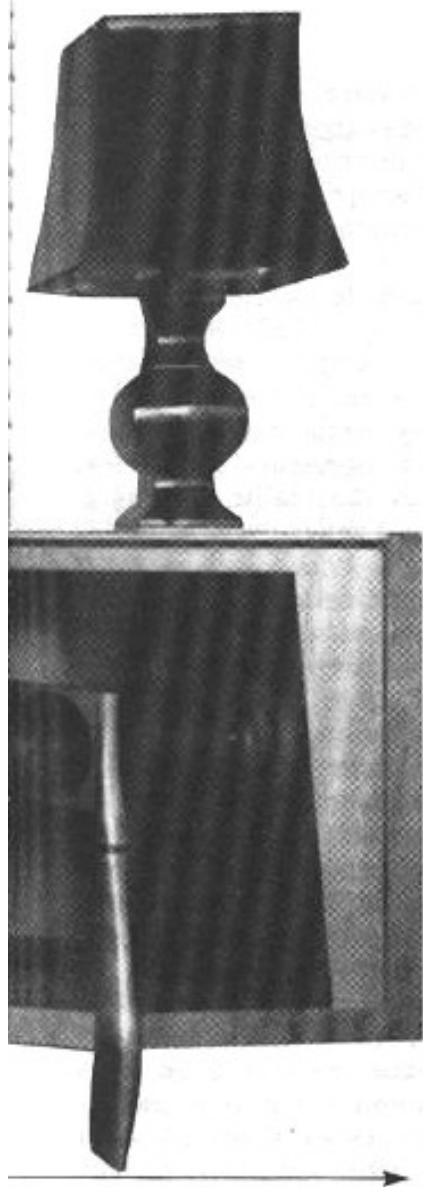


2,70 m

LAGUERE

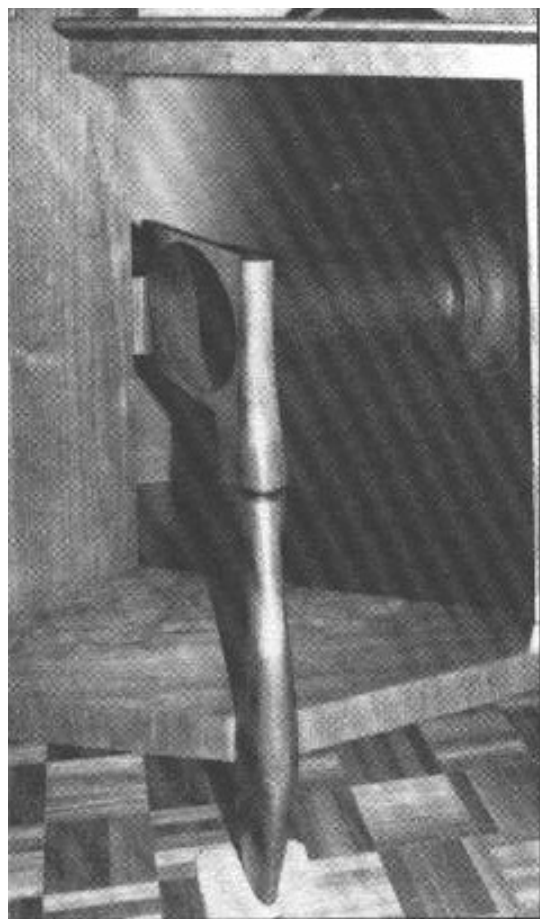
PARAGON JBL

*Patrick Vercher*



**E**

*n cette matinée du 6 mai 1963, M. S. pousse la porte de l'éditeur de musique Heugel au 2 bis, rue Vivienne. Après quelques secondes, ses yeux s'habituent à la pénombre du grand salon de musique. Sur deux niveaux, les partitions d'œuvres célèbres sont alignées. M. Merlin l'accueille, pipe à la main : « Quelle bonne nouvelle de la banque m'apportez-vous ? » M. S. n'a pas retiré ses pincettes à vélo, sa casquette à carreaux est vissée sur sa tête, son vélo l'attend dehors, guidon nonchalamment appuyé sur un rebord en pierre de taille de l'immeuble cossu. M. S. est coursier à la Banque W., place de la Bourse. Aujourd'hui, il n'apporte pas de plis, il n'a pas d'effets à prendre, il est en quête d'une chaîne Hi-Fi. « Dites-moi, M. Merlin, qu'avez-vous à me proposer comme meilleure chaîne actuellement ? » M. Merlin le regarde, légèrement étonné : « Tiens, il a remarqué que nous vendions aussi des chaînes ». Il se tourne vers un ensemble ERA regroupant platine, tuner, ampli à la manière d'un super-électrophone, avec deux petites enceintes. « C'est ça la stéréo ! » Il passe la Toccata de Bach, l'air ravi. M. S. écoute assez perplexe. Au bout de quelques instants, il dit : « Vous n'avez pas mieux ? » M. Merlin, légèrement interloqué, passe à un autre système avec ampli Sherwood et des enceintes A.R., toujours sur la même œuvre de Bach. M. S. reste pensif. « Vous avez certainement encore mieux ? » M. Merlin mâchonne sa pipe plus nerveusement pensant : « Mais où veut-il en venir ? » M. S., après avoir passé en revue tous les systèmes, s'arrête sur les JBL Olympus « et ça, comment ça marche ? ». M. Merlin : « Ah, Monsieur, vous savez : « ça » coûte six cent cinquante mille francs et il en faut deux ». M. S. « ça ne fait rien, je peux écouter ? ». M. Merlin se plie aux exigences sonores de ce « drôle » de coursier. Dès les premières notes qui jaillissent de derrière les grilles ouvragées, M. S. esquisse un sourire : « Ah, ce n'est pas mal. » « Mais comment, Monsieur, ce n'est pas mal ? c'est certainement ce qui se fait de mieux ! » s'exclame M. Merlin. M. S. : « Vous en êtes sûr ? » M. Merlin : « Ecoutez, parce que c'est vous, je vais vous faire entendre ce qu'il y a de plus exceptionnel... au monde ! »*



Vue de détail d'un côté, à l'embouchure du pavillon grave. On remarquera, dissimulé derrière un tissu acoustiquement transparent, le tweeter 075.

« Avec la venue de la stéréophonie, il a fallu tout repenser, mais suivez-moi. » Il pousse la porte et dévoile un second salon de musique où trône un immense piano à queue de concert. Tapi au fond de la gigantesque pièce, un étrange meuble bas pratiquement aussi long que le piano. M. S. reste médusé : « Qu'est-ce que c'est ? ». M. Merlin : « Écoutez, c'est un Paragon, enceinte stéréophonique ! » Pour la x<sup>e</sup> fois, les variations de la Toccata emplissent la pièce, mais avec une cohésion sonore incroyable. M. S. : « C'est cela que je veux ! » M. Merlin fait un pas en arrière : « Vous savez, il y en a pour deux millions sept ! et il faut rajouter les amplis, le préampli, la table de lecture, vous vous rendez compte... » M. S. : « Pas de problème, je viens demain avec l'argent. Juste une chose, pourrais-je apporter un disque de ma collection ? »

M. Merlin, sceptique « *Bien entendu, mais je vais vous faire la décomposition de la chaîne.* » Le lendemain, M. S. arrive avec un petit sac dans une main, un disque sous le bras : « *Voilà l'argent* », en lui tendant le sac, « *alors on a dit : pour la platine Empire, le préampli Marantz 7, les deux amplis modèle 9 et le Paragon.* » M. S. a toujours ses pinces à vélo. M. Merlin : « *Vous avez dévalisé la banque ?* » M. S. : « *Rassurez-vous, j'ai fait un héritage. Pourriez-vous me passer ce disque ?* » M. Merlin, légèrement blême, prend la pochette : dessus est écrit « *Tango* ». M. S. : « *Vous savez, il vient tout droit de Buenos-Aires, c'est du vrai tango argentin.* Les accents douloureux du bandonéon remplissent l'austère salon de musique de l'éditeur de Ravel. Le Paragon paraît à son aise. La passion dramatique du tango passe avec une rare intensité. M. S. est aux anges. M. Merlin : « *Vous en avez beaucoup de disques comme cela ?* » M. S. : « *Oui, je n'écoute que du tango, j'en ai plus de 4 000 qui viennent de tous les coins du monde et naturellement d'Argentine, aussi je veux ce qui se fait de mieux pour écouter ce qui est pour moi plus que de la musique.* » M. Merlin a failli lâcher sa pipe. L'installation chez M. S. s'est effectuée non sans difficultés car il habite sous les toits au 6<sup>e</sup> sans ascenseur. Il a fallu faire appel à des déménageurs de... piano pour transporter chaque moitié de Paragon plus le grand panneau curviligne, soit un poids total de 316 kg ! M. S. a continué de collectionner les disques de tango et M. Merlin a eu un autre regard sur les coursiers cyclistes avec leurs pinces à vélo.

## Genèse de l'enceinte JBL Ranger Paragon

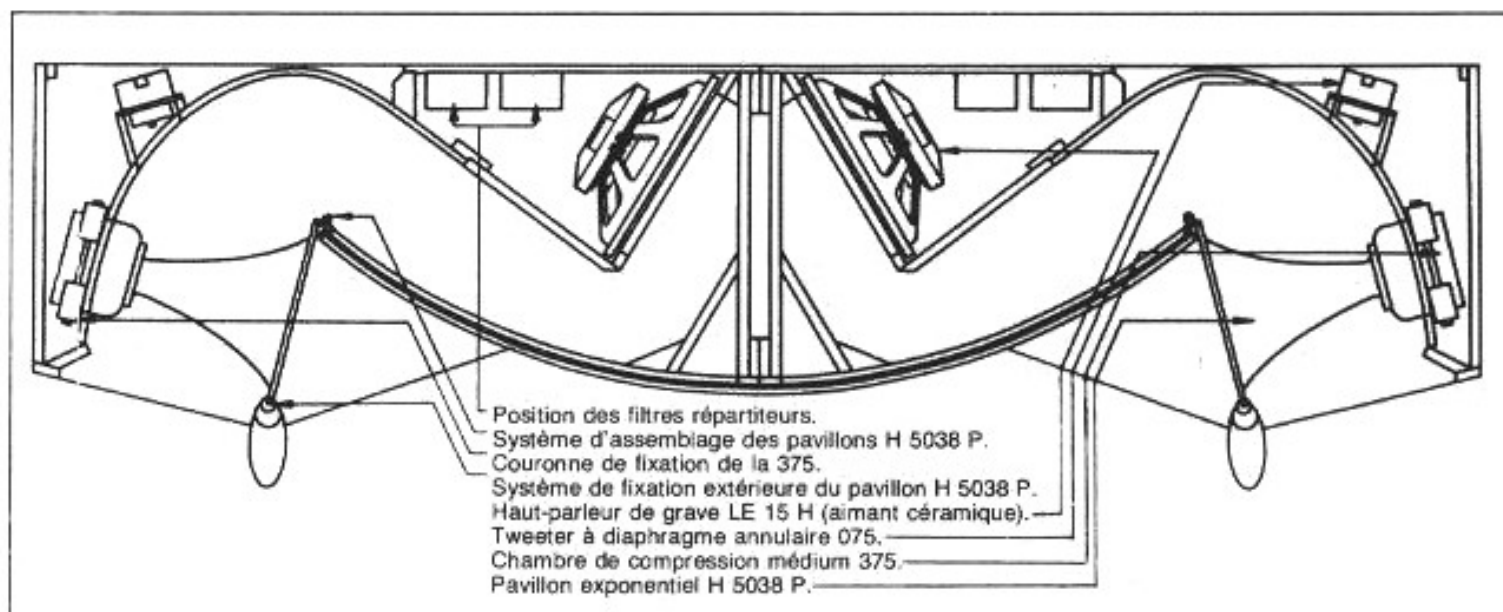
Cette enceinte est directement liée aux études concernant la dif-

fusion sonore, multicanaux. Les premières expériences de prise de son multipistes optiques sont tout d'abord liées au cinéma. Elles remontent à la fin des années 20, avec comme point culminant le dessin animé de Walt Disney « *Fantasia* » en 38. Pour convaincre les magnats d'Hollywood de la supériorité du son magnétique sur le son optique, les ingénieurs californiens d'Ampex ont réalisé un magnétophone 3 pistes avec bande 1/2 pouce en 1953. Puis, avec la venue du cinérama, ils passèrent à 7 pistes, sur une bande magnétique indépendante mais synchronisée avec le film. L'exploitation de ce système dans les salles était très lourde. Avec le cinémascope, les 4 pistes magnétiques furent placées deux par deux de part et d'autre des crans d'entraînement du film image. Trois des quatre pistes attaquaient respectivement un système de haut-parleurs placés derrière l'écran. La quatrième piste était réservée à un canal « *Surround* » (ce mot existait déjà en 1954) pour un canal prévu pour des haut-parleurs placés dans la salle. Parallèlement, fin 1953, Ampex a réalisé une machine 7 pistes spécialement destinée au système dit *Tod-Ao*, fort populaire dans ces années de boum industriel pour un spectacle « *total* », car le cinéma devait déjà affronter la concurrence de la télévision.

Toujours en 1953, à partir de ce magnétophone 7 pistes, une prise de son expérimentale d'un groupe de six musiciens a été effectuée. Devant chaque interprète était placé un micro en relation avec l'une des pistes du magnétophone. A la reproduction, les ingénieurs disposèrent six enceintes à la même place que les musiciens. Le résultat fut étonnant, mais... le système complet naturellement impossible à commercialiser.

La première session d'enregistrement binaural avait été faite





*Vue en coupe du dessus de la JBL Paragon. A remarquer le pavillon exponentiel de charge du haut-parleur grave. Pour le transport, l'enceinte se sépare en deux après qu'on ait retiré le panneau curviligne.*

bien plus tôt, en 1952, dans les studios Capitol, à partir d'une tête artificielle avec un petit chapeau ! avec, de part et d'autre à la hauteur des oreilles les microphones. Cette tête artificielle avait été mise au point par les services secrets de la marine américaine pour étudier la manière dont un être humain peu se repérer selon la provenance des sons !

Par la suite, de nombreuses expériences ont été réalisées en affinant les techniques de prise de son stéréo, puis en 1954, les ingénieurs de chez Westrex déterminèrent la manière de graver un disque stéréo selon la méthode 45/45 ; RCA Victor, à la suite de ces études, commercialisa fin 1957 la première cellule phonoelectrice stéréo. Parallèlement à l'avènement de la stéréophonie, les chercheurs ne demeurèrent pas les bras croisés pour « diffuser » correctement la « stéréo ». Les enceintes acoustiques, dans les années 1950, étaient particulièrement monstrueuses et s'apparentaient plus aux systèmes servant à la sonorisation des salles de cinéma qu'à des cartons à chaussures. Ainsi, début 1957, chez JBL, M. R.H. Ranger a astucieusement

eu l'idée de réunir dans une même et unique enceinte les haut-parleurs d'un système stéréophonique totalement « autonome ». L'idée mûrit et fit même l'objet d'un brevet. Cependant pour le « design », il a été fait appel à M. Arnold Wolf en tant que consultant qui a été vivement intéressé par le projet. Plusieurs maquettes ont été élaborées dont une première à l'échelle 1/4 en plastique ! puis une deuxième au 1/12<sup>e</sup>. Entre l'acousticien R.A. Ranger et le designer Wolf, tout n'allait pas forcément pour le mieux et le projet faillit capoter. Mais en juin 1957 tout le monde se mit d'accord en un mois et la version définitive de la première enceinte acoustique stéréo vit le jour : le Paragon.

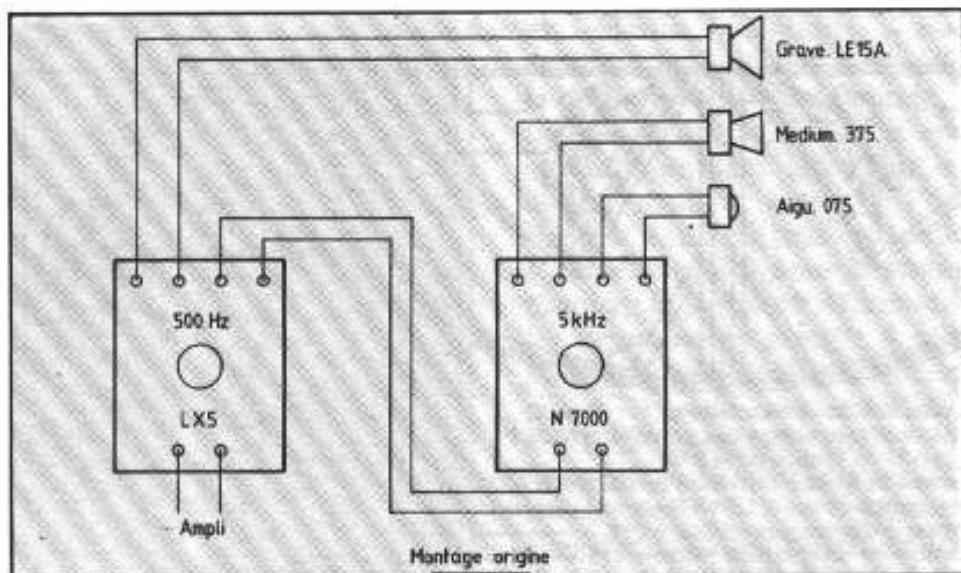
Le premier système était un 2 voies par canal et non un 3 voies comme par la suite en 1960. A la base, on trouvait deux haut-parleurs de grave de type 150-4C de 38 cm avec bobine de 10 cm, cône très rigide avec suspension petits plis (haut-parleur identique à celui équipant la Hartsfield), chargés chacun par un pavillon exponentiel replié débouchant de part et d'autre du

pavillon convexe (voir coupe dans le plan horizontal).

A partir de 500 Hz, par l'intermédiaire du filtre N 400, deux chambres de compression 375 équipées des pavillons H 5038 de type exponentiel à section elliptique, couvraient les fréquences jusqu'à 15 kHz. Sur cette première version, aucun tweeter ne prenait le relais, la 375 chutant gentiment au-delà de 14 kHz jusqu'à 20 kHz à - 6 dB à peu près.

L'idée du panneau convexe de réflexion acoustique vient certainement des nombreuses études de RCA sur les salles de cinéma où pour obtenir en tous points de la salle une écoute de qualité, les enceintes n'étaient pas dirigées directement vers le public mais orientées vers des panneaux curvilignes ou des portions de sphère. De même que, pour les procédés de cinérama, l'écran était également convexe pour agrandir la perception subjective de l'image.

Le Paragon était destiné au départ pour le contrôle des prises de son stéréo. En fait, le but était un peu comme en optique d'obtenir en n'importe quel point de la zone d'écoute, une image stéréo fictive qui se situe à



Montage d'origine des filtres LX5 et N 7000.

équidistance des deux points d'émission, mais symétriquement en arrière-plan du panneau curviligne. Les sorties des pavillons médium étant dirigées vers le panneau de réflexion, il s'ensuit que l'auditeur ne les écoute pas dans l'axe. De ce fait, plus il se rapproche d'un côté de l'enceinte, plus le message sonore s'affaiblit de ce côté et à l'inverse augmente du côté opposé.

Ainsi, comme pour l'Everest 30 ans plus tard, les ingénieurs de JBL de l'époque avaient déjà en tête cette donnée d'image stéréo sonore constante, aussi bien en positionnement qu'en intensité, en fonction de la place que l'on occupe par rapport à l'enceinte. Trois ans plus tard en 1960, à la demande de certains distributeurs étrangers, un tweeter 075 à diaphragme annulaire par canal a été ajouté, logé en retrait par rapport à la compression médium 375, dans la partie curviligne du pavillon grave, mais dirigé directement vers les auditeurs. Autre changement, les haut-parleurs grave 150-4C ont laissé la place à des LE15A, descendant plus bas, mais au rendement moindre, ce qui a nécessité aussi le changement du filtre de liaison par un LX5 pour s'accorder au 375.

Par la suite, pendant sa très longue carrière — 30 ans ! — (les

derniers modèles étaient livrés uniquement au Japon), le Paragon a subi très peu de modifications, si ce n'est début 80 le remplacement des LE15A à moteur Alnico par les LE15H à moteur céramique et circuit magnétique symétrique et les 375 par des 376 diaphragme à suspension en forme de diamant et non en iris.

Les quatre boîtiers des filtres sont logés à l'arrière avec leurs boutons de réglage à trois positions pour le médium LX5 et variable de manière continue pour l'aigu N 7000. Au-dessus des filtres de droite, un emplacement est prévu pour loger l'amplificateur de puissance SE408 SE Energizer de  $2 \times 40$  W qui possédait la particularité de pouvoir insérer une carte de correction amplitude/fréquence en fonction des caractéristiques de courbe de réponse de l'enceinte à driver et cela dès 1962 ! Un préampli SG 520 E Graphic Controller (dont le design était aussi dû à M. Wolf) avec ses touches lumineuses de fonction et ses réglages par potentiomètres à commandes linéaires, pouvait compléter le système.

La charge du haut-parleur grave à l'arrière est de très faible volume et de section triangulaire (pas de parois parallèles). Elle n'est pas amortie. Etant donné les gigantesques pressions en jeu,

deux énormes renforts par tasseaux parallèles de 10 cm (!) évitent d'éventuelles résonances de parois, tout au moins de ce côté.

Le haut-parleur grave regarde vers l'avant par l'intermédiaire d'une fenêtre rectangulaire (pour l'effet de compression), un petit volume qui débouche sur un pavillon exponentiel finissant en « toboggan » de part et d'autre du panneau curviligne.

Le Paragon se compose en fait de trois sous-ensembles. En effet, pour des raisons évidentes de transport (il mesure 2,70 m de long pour 90 cm de hauteur, 61 cm de profondeur et pèse 316 kg !), il se compose de l'assemblage de deux coffrets symétriques droite et gauche, maintenus ensemble par l'intermédiaire de chevilles métalliques avec l'appoint de trois coins métalliques entrés en force pour les unir solidement, et du grand pavillon curviligne qui vient se glisser dans les rainures prévues à cet effet. L'ensemble est monté sur six pieds dont quatre ajustables en hauteur afin que, sur la grande longueur de portée, l'ensemble de l'enceinte ne se déforme pas. A l'avant, les deux petites colonnes, dans le plus pur style des années 50, se terminent par un tronc de cône amovible qui dissimule les vis de fixation des pattes de support des pavillons H 5038.

Le Paragon était produit dans un petit atelier indépendant au sein de l'usine JBL. Il demandait, de la part de compagnons ébénistes pas moins de 125 h de travail. De très nombreuses pièces en bois entraient dans la constitution du système. Les formes curvilignes du panneau réflecteur et des parois internes du pavillon grave nécessitaient la mise en forme, après différentes étapes d'humidification et de séchage (à la manière des lattes constitutives des coques de bateaux anciens) par de très nombreux serre-joints. Le placage en noyer demandait des

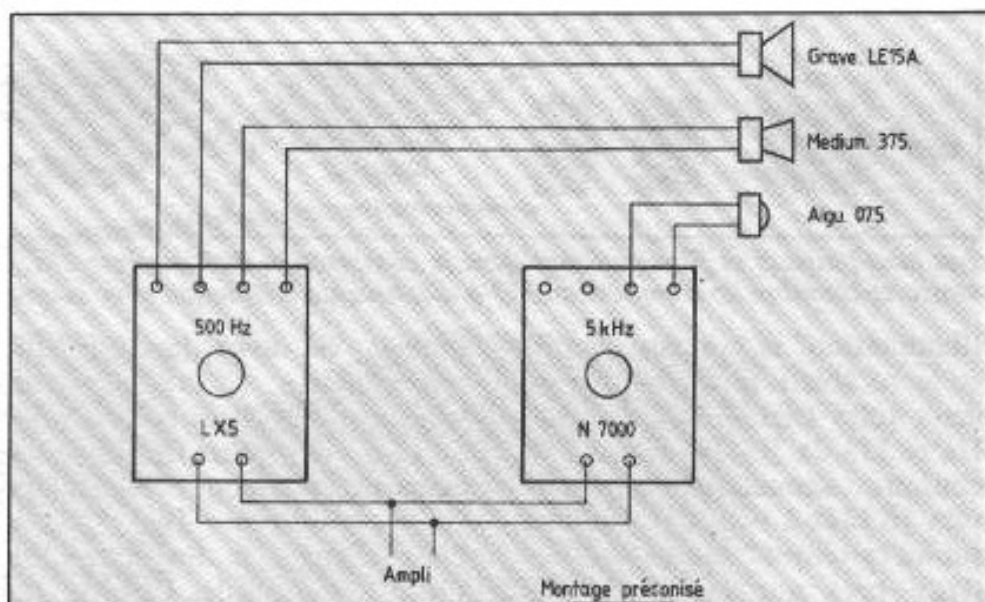


feuilles de surface gigantesque afin que les motifs du bois soient d'un seul tenant sur les deux sous-ensembles. Ce placage avait subi ensuite de nombreuses étapes de polissage, teinte, huilage qui donnent cette couleur, et aussi cette odeur, si particulières aux enceintes JBL.

Quant aux composants, ils sont directement issus du domaine professionnel et les circuits magnétiques, que ce soit pour le LE15A (15 kg), le 375 (10 kg) ou le 075 (2,5 kg) sont certainement les plus puissants jamais rencontrés.

## Les descendants du Paragon

JBL a essayé, dans les années 60, de décliner toute une série d'enceintes stéréophoniques de dimensions plus petites mais qui furent abandonnées quatre ou cinq ans plus tard. Tout d'abord la Ranger Metregon de 1,85 m de long, 75 cm de haut et 56,5 cm de profondeur, reprenant en plus « petit » le principe du panneau curviligne de réflexion et pouvant être équipée de différents systèmes de haut-parleurs allant des combinaisons grave D130 plus compression 175 avec pavillon courbé 5040 à la version avec compression 275 ou celle avec des 375 plus pavillon 5041 et grave 150-14C. Mais la plus « populaire » était celle avec LE15A et LE85 plus pavillon courbé H 5040. Autre système stéréophonique : la petite Ranger Minigon composée de l'assemblage de deux coffrets de 80 cm de long, 30 cm de haut et 38 cm de profondeur renfermant chacun soit un 21 cm large bande LE8T dont l'émission sonore est dirigée par l'intermédiaire d'une série de volets vers un petit panneau curviligne, soit un système S5 à deux voies, composé d'un haut-parleur grave de 25 cm LE10 et d'un tweeter à dôme aluminium LE30, capable



*Montage préconisé après écoute des filtres LX5 et N 7000 pour une diffusion plus homogène du médium-aigu par le panneau curviligne, la chambre de compression 375 montant naturellement.*

de reproduire les fréquences au-delà de 1 000 Hz.

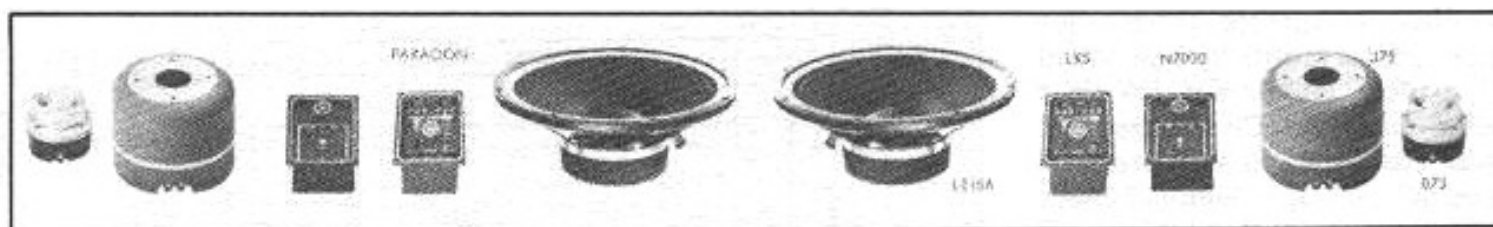
Par la suite, cette idée d'enceinte stéréophonique unique n'a pas été reprise sauf récemment avec la Stereolith Duetto distribuée par Revox mais ne faisant pas intervenir de panneau réflecteur. Pour l'image constante, les JBL Everest, avec leur pavillon très particulier et la disposition du tweeter hors de l'axe, répondent parfaitement à cette attente, avec une image d'une profondeur inouïe qui ne varie pas en fonction de la place de l'auditeur dans la pièce. Chez Bose, avec les 901 en 1968, le principe de réflexion sur les murs tendait aussi vers l'obtention d'une large image avec un rapport correct entre son direct et son réfléchi.

## L'écoute

Il y a dix ans, j'ai fait l'acquisition d'un JBL Paragon qui était en démonstration au cours de l'un des derniers festivals du Son au Palais des Congrès à Paris. Comme pour la Hartsfield, c'était l'aboutissement d'un rêve de gosse et le complément d'une collection pour le moins encombrante. Inutile d'insister sur la place qu'occupe

une telle enceinte, j'ai trouvé d'un seul coup que ma salle de séjour avait rétréci...

Après déballage des gigantesques cartons posés sur des palettes et assemblage des deux parties (très facile à réaliser), puis placement du panneau curviligne (pas évident de ne pas le rayer ou l'accrocher), en route pour l'écoute. Pas déçu... Grave venant du fin fond d'une grotte avec tonique joyeuse autour de 120 Hz, médium arrogant et dur coupant rapidement, aigu jouant tout seul dans son coin. Pas d'affolement, tout d'abord, voyons du côté des filtres, mais voilà, 310 kg à déplacer pour passer derrière, pas si évident que cela, même en les faisant glisser sur le parquet dont la vitrification demande grâce. Enfin, je me faufile et accède aux filtres. Je place les quatre boutons rotatifs en position médiane. Re-écoute : ça se passe un peu mieux du côté médium qui a moins tendance à tirer toute la reproduction vers lui, mais l'aigu s'obstine toujours à vouloir se dissocier de la masse des informations... Ayant lu et relu les petits catalogues JBL de l'époque, je me suis rendu compte que les tout premiers Paragon étaient en deux voies.



Les haut-parleurs et filtres entrant dans la composition de l'enceinte JBL Paragon (version avec LE15A à aimant alnico et chambre de compression 375 à diaphragme aluminium avec suspension en iris).

Illumination, je coupais les 075 et je recâblais le filtre LX5 en deux voies LE15A coupé à 500 Hz et 375 de 500 Hz jusqu'à sa coupure acoustique naturelle vers 16 kHz à peu près (comme sur un système S7 mais à la différence près que la plus petite chambre de compression LE85 monte plus haut). Re-re-écoute. Ça va beaucoup, mais beaucoup mieux. Toute la partie haute du spectre au lieu d'être coupée vers 4 000 Hz et ne pas être réfléchi par le panneau curviligne est diffusée par la 375 devenant beaucoup plus homogène avec, d'un seul coup, une ouverture et une respiration (comme ils disent dans les critiques) retrouvées. Du coup, je branche le filtre NX 5000 (voir schéma) en parallèle sur les bornes d'entrée du LX5 et je n'utilise sur le N 7000 que les bornes de sortie vers le tweeter 075. Re-re-re-écoute : les 075 jouent beaucoup moins dans leur coin ajoutant simplement une certaine richesse dans les harmoniques supérieurs. J'ajuste le filtre LX5 en position minimum et le N 7000 sur midi moins le quart. Un coup d'oreille de nouveau, ça se passe à peu près de manière homogène au-dessus de 500 Hz. Mais voilà, ce satané grave n'est pas très tenu avec un accompagnement de résonance de « vieux buffet en folie » qui, vraiment, me coupe l'appétit. Que faire ? Je démonte les panneaux arrière et je m'aperçois que l'étanchéité est loin d'être le point fort de la charge arrière minuscule du LE15A première version. Placement d'un joint et coup d'œil du côté haut-parleur grave très mal serré contre le baffle support. Serrage en croix des

grosses vis avec la force du « désespoir » ; au cours du transport les haut-parleurs de 15 kg ont fait jouer les pas de vis incrustés et débloqués les grosses vis cruciformes. J'en profite pour changer le fin et unique câble de liaison des LE15A vers le filtre. Mais ce nouveau câble de forte section n'arrive plus à passer par les petits trous réalisés dans les coffrets métalliques du LX5. Alors, réalésage des trous et ce sont les petits boutons poussoirs d'insertion qui ont du mal à avaler les brins dénudés du câble « miracle ». Je fais de même pour le médium et le tweeter, opération plus aisée, l'accès est direct à ses composants. Je fais sortir le chat qui se trouve très bien dans l'embouchure du pavillon grave (voir photo) et en route pour la x<sup>e</sup> édition pour le plus grand plaisir des voisins et à 2 h du matin s'il vous plaît, de l'ouverture 1812 sur disque Telarc à l'époque. Ça y est, ça sort beaucoup mieux sans mollesse et avec une rapidité nettement supérieure en ayant perdu cette vilaine tonique de chien qui aboie.

Le fait est qu'en me déplaçant à droite et à gauche, tout se passe sans que j'ai l'impression qu'une partie de l'orchestre me dit au revoir, tout le monde a l'air de me suivre à la manière de ces portraits dont le regard inquisiteur vous poursuit, que vous soyez à droite ou à gauche. En essayant différentes électroniques, il faut reconnaître que le « petit » JBL SE 408 SE Energizer s'avère idéal d'autant plus que j'ai eu la chance d'obtenir la carte de correction correspondant au Paragon. Pourtant la

configuration des filtres n'avait plus rien à voir avec celle d'origine mais la bosse vers 80 Hz avait totalement disparu au profit d'une intelligibilité nettement accrue. Comme toute enceinte à pavillon, il faut un certain recul et ne pas écouter le Paragon à moins de 3 mètres. De plus, il faudrait pouvoir le surélever sur une estrade très rigide de 40 à 50 cm environ (bonjour le chantier !) pour pouvoir l'écouter à la bonne hauteur, sinon la position baba cool semi-allongée par terre est vivement conseillée face au grand réflecteur curviligne. En poussant le volume sonore, la capacité dynamique incroyable du système ne donne pas de signe de tassement, tout suit avec la même rigueur sans trace de distorsion fatigante et une redistribution de chaque instrument assez impressionnante.

Certains préféreraient le grave opulent légèrement rond des Olympus ou la netteté et l'impact des Lancer 101, mais le Paragon est unique par cette impression de reconstitution de l'image sonore qui est beaucoup moins influencée par le local d'écoute et surtout qui ne bouge pas en fonction de votre emplacement par rapport à l'enceinte. Tous les genres musicaux passent avec ce sentiment de puissance acoustique et d'intensité que seuls savent traduire les grands systèmes... quant à l'accordéon, c'est vrai : son « souffle » puissant est reproduit avec des accents « dramatiques » de vérité qui ne trompent pas. Le coursier de la banque avait raison, moi qui avait été témoin « en culotte courte » de l'anecdote en préambule, vingt-cinq plus tôt.



**Page non  
disponible**

# LES NOUVEAUX AIMANTS

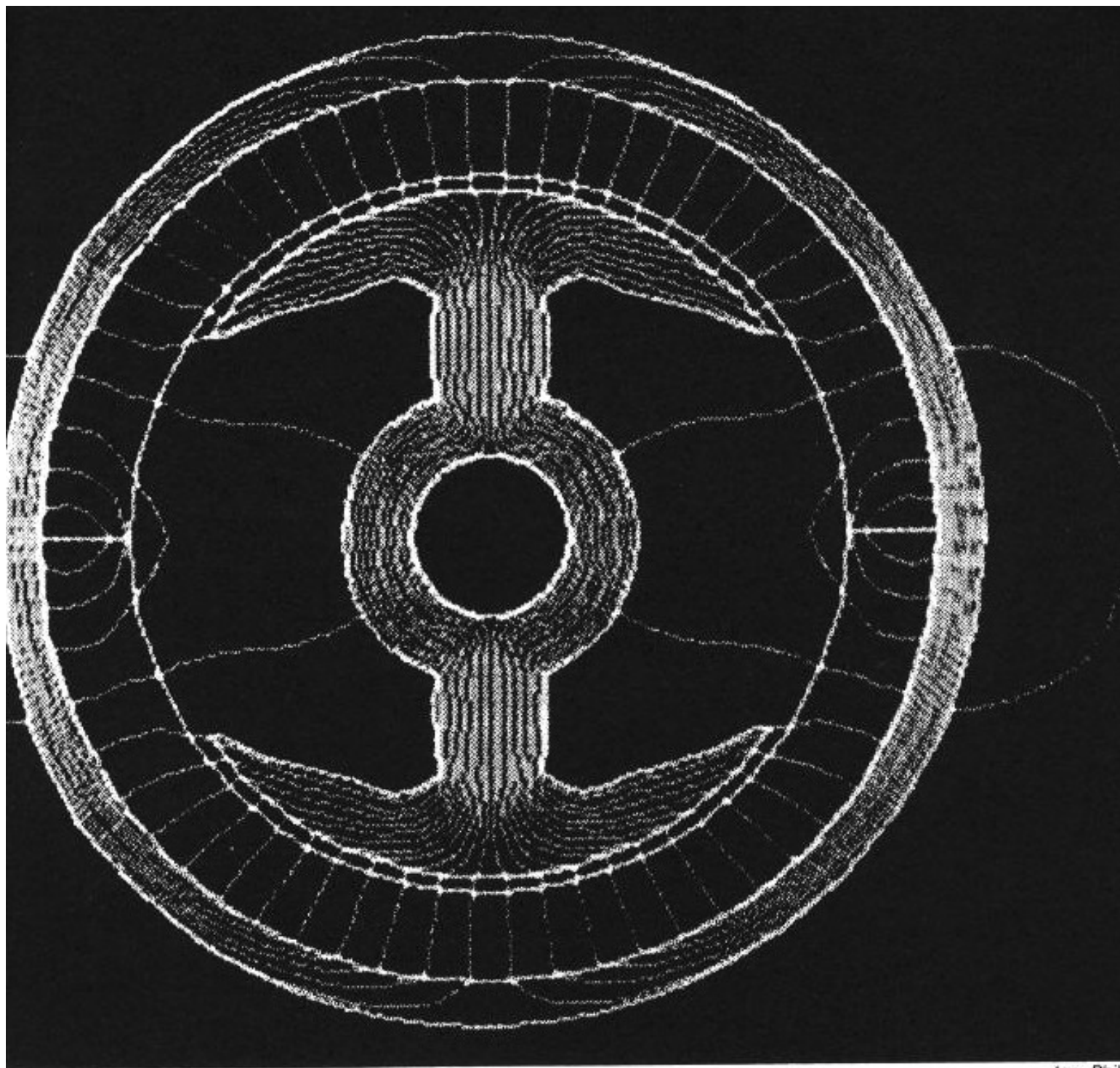
*Jean-Paul Biberian*

**L**

*a place des aimants permanents dans notre environnement quotidien est de plus en plus importante. Rares sont les domaines qui ne les utilisent pas. Bien évidemment, leur rôle est essentiel en audio, principalement avec les hauts-parleurs, les cellules sans oublier les moteurs. Ces derniers ont fait l'objet d'investigations particulières pour les lecteurs CD (illustration ci-dessus).*

*Compte tenu de leur grande importance industrielle, c'est un produit qui est en constante évolution et de nombreuses recherches sont faites pour développer de nouveaux matériaux plus performants.*

*Après avoir rappelé ce qu'est un aimant, cet article fait le point sur les nouveaux matériaux utilisés, et leurs applications audio.*



doc. Phil

## Historique

C'est au philosophe ionien Thalès de Milet que l'on accorde la découverte au VI<sup>e</sup> siècle avant notre ère, d'une pierre aux propriétés étranges : la magnétite. Cette pierre tire son nom de la région où elle fut trouvée la Magnésie, à l'ouest de la Thessalie.

Cette pierre avait la propriété d'attirer le fer, ou des pierres de même espèce. Platon avait montré que cette propriété se transmettait au fer qui pouvait lui-même attirer du fer.

C'est au XI<sup>e</sup> siècle que l'aiguille aimantée a été utilisée pour la navigation, probablement par les Arabes, mais ce n'est que bien plus tard avec le développement de la mécanique

quantique, au cours de ce siècle que l'on a vraiment pu expliquer l'origine du magnétisme. En réalité, il existe toujours quelques points obscurs!

## L'électromagnétisme

Le magnétisme et l'électricité ont tout d'abord été étudiés séparément. Mais en 1820 Oersted montre qu'un fil électrique parcouru par un courant continu

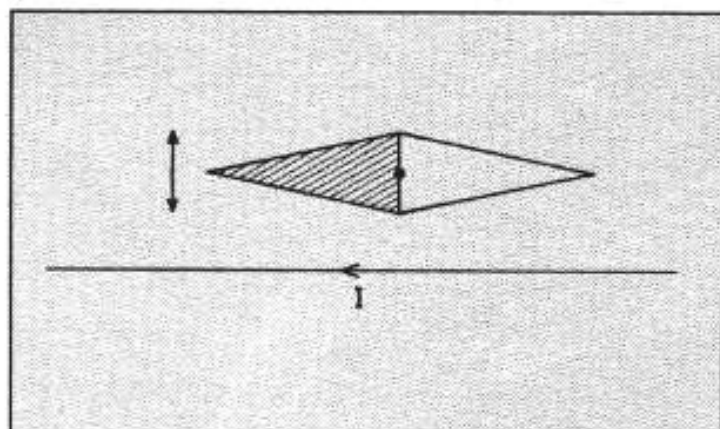


Fig. 1 : L'expérience d'Oersted en 1820 met en évidence le champ magnétique produit par un courant électrique.

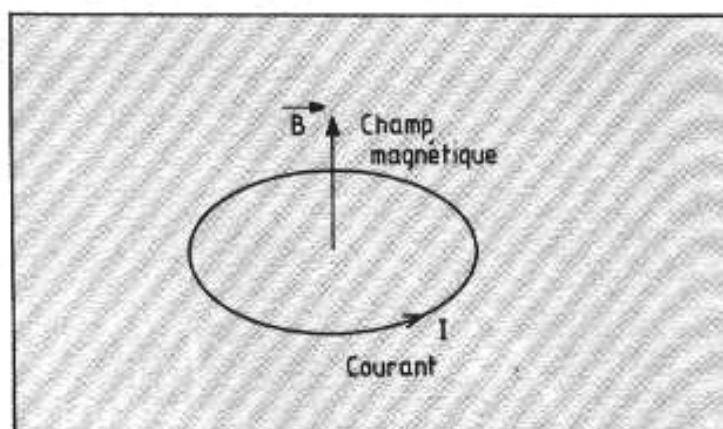


Fig. 2 : Champ magnétique  $B$  produit par une spire parcourue par un courant  $I$ .

dévie une aiguille aimantée, tel que décrit sur la figure 1.

C'était la preuve qu'un courant électrique produit un champ magnétique équivalent à celui d'un aimant. De là à penser qu'un aimant est un assemblage de petits aimants microscopiques, il n'y a qu'un pas qui a été franchi plus tard avec la mécanique quantique.

En effet, un fil circulaire parcouru par un courant électrique continu d'intensité «  $I$  » produit un champ magnétique «  $B$  » dirigé suivant l'axe du cercle. Comme on peut le voir sur la figure 2. Une bobine comportant «  $N$  » spires parcourues par un courant électrique continu «  $I$  » produira un champ magnétique «  $B$  » suivant l'axe du solénoïde (figure 3).

Ces expériences montrent qu'électricité et magnétisme sont deux aspects d'un même phénomène que l'on appelle l'électromagnétisme, et qui a été mis correctement en équation par Maxwell dans les années 1860.

## Les matériaux magnétiques

A partir de ce que nous venons de voir, et de la constitution des atomes en un noyau chargé positivement au centre ainsi que des électrons tournant autour de ce noyau, on peut facilement imagi-

ner que chaque atome est semblable à un minuscule aimant créé par la rotation de l'électron. On pourrait donc fabriquer un matériau aimanté par un assemblage de ces aimants atomiques. La figure 4 donne une vue schématique de la section d'un tel barreau.

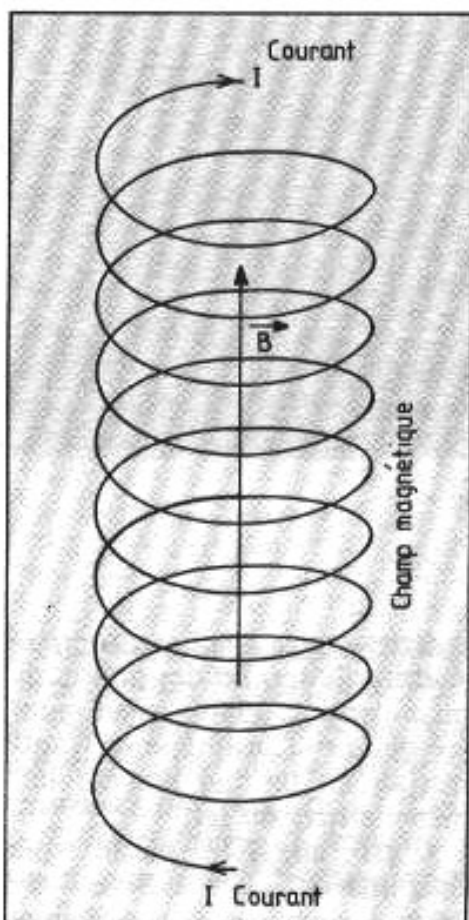


Fig. 3 : Champ magnétique  $B$  produit par une bobine de  $N$  spires parcourue par un courant  $I$ .

Naturellement ce schéma est entièrement idéal. D'une part, il faut que tous ces petits aimants s'orientent dans la même direction, et d'autre part, la matière n'est pas organisée aussi parfaitement. Un cristal quelconque est constitué d'une mosaïque de cristaux, désorientés les uns par rapport aux autres, et il faut que là aussi, tous les cristaux prennent la même orientation. La figure 5 donne une vue de ce que peut être une telle mosaïque de cristaux magnétiques.

Dans un pareil cas, l'aimantation moyenne sera nulle, car a priori, tous les domaines ont des orientations aléatoires dont la

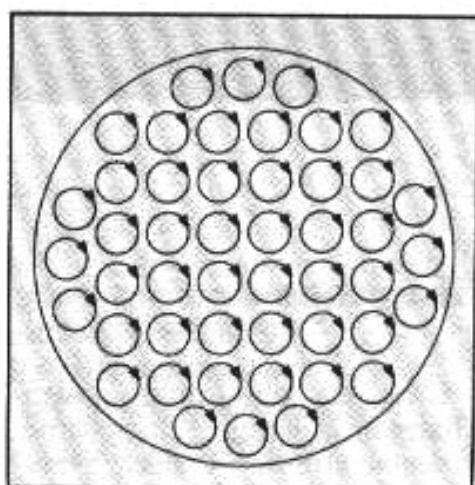


Fig. 4 : Vue schématique de la section d'un barreau aimanté idéal constitué d'un assemblage de petits aimants élémentaires orientés dans la même direction.



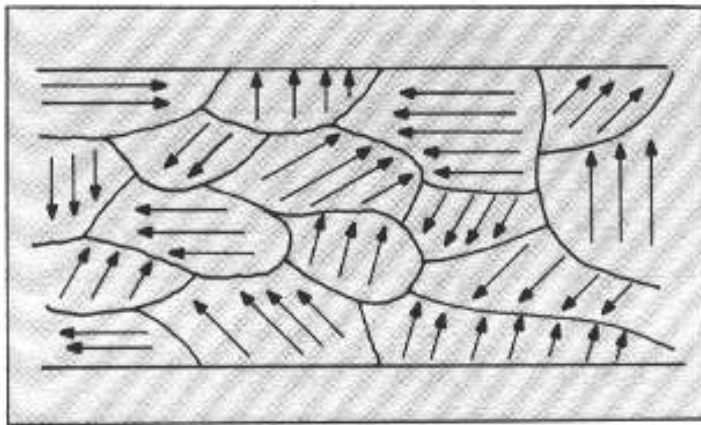


Fig. 5 : Dans la réalité, la matière n'est pas organisée aussi parfaitement qu'en figure 4. Ici, une mosaïque de cristallites aimantées. Dans ce cas, l'aimantation moyenne globale sera nulle.

superposition des champs magnétiques est nulle.

La question se pose donc de savoir comment faire pour orienter ces domaines, et fabriquer réellement un aimant permanent.

La figure 6 décrit une expérience montrant comment on peut y arriver. Si on entoure un barreau de fer doux d'un solénoïde parcouru par un courant continu « I », et qu'on mesure le champ magnétique « B » produit en fonction du courant, on observe plusieurs phénomènes. Tout d'abord, le champ magnétique n'est pas proportionnel au courant appliqué ; il y a une saturation. Ensuite, les choses ne se passent pas d'une manière réversible. Après la première montée, lorsque le courant diminue, puis s'annule, le champ magnétique ne repasse pas par l'origine, c'est le phénomène d'hystérésis. En fait un état stable existe, mais connaissant le courant appliqué, on ne peut pas connaître le champ magnétique produit, cela dépend de ce qui a été fait auparavant. Un autre point important est à noter, c'est que si on supprime tout courant, il reste un champ magnétique résiduel.

Le résultat de cette expérience est que l'on a réussi à réorienter tous les petits domaines magnétiques désordonnés au départ,

sous l'influence du champ magnétique produit par la bobine. On pense d'ailleurs que la magnétite découverte par Thalès a été aimantée ainsi sous l'influence du champ magnétique terrestre.

## Le ferromagnétisme

Pourquoi certains matériaux sont-ils magnétiques, et pas d'autres? En fait cette question est très complexe, et le magnétisme n'est pas facile. Il est encore moins simple à expliquer. Il existe une catégorie de matériaux tels que le fer, mais aussi le nickel, le cobalt, et des composés qui à cause de leur structure atomique, (c'est-à-dire du nombre d'électrons, de leur arrangement, et aussi de leur structure cristalline) ont ces propriétés magnétiques, où les petits aimants atomiques s'alignent les uns par rapport aux autres. Il y a un effet d'entraînement, chaque atome ayant tendance à prendre la direction magnétique de ses voisins.

La température joue aussi un grand rôle, car ces petits aimants ont tendance à se désorienter lorsque la température augmente, à cause de l'énergie d'agitation thermique présente dans chacun d'eux.

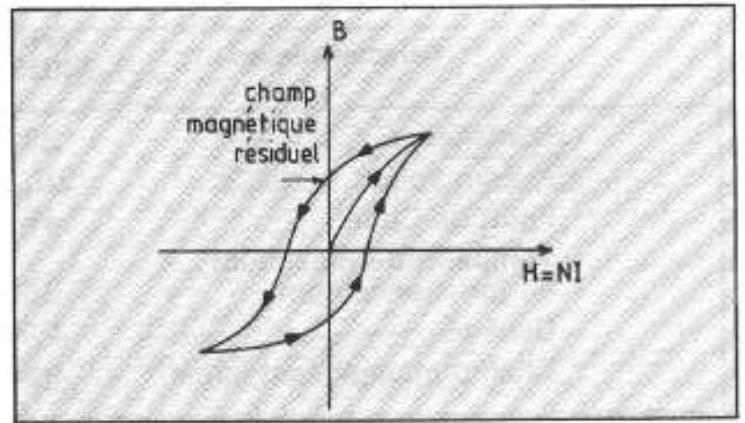


Fig. 6 : Le cycle d'hystérésis de l'aimantation B caractérise la densité de flux résultante en fonction de l'intensité du champ magnétique  $H (=NI)$ .

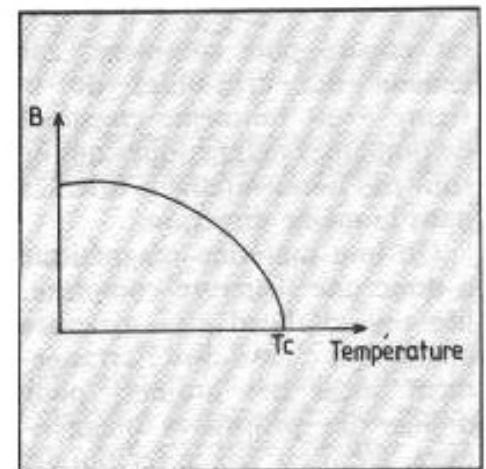


Fig. 7 : Evolution de la densité de flux en fonction de la température. A la température de Curie,  $T_C$ , le matériau devient pratiquement aimantique.

La figure 7 montre comment varie l'aimantation en fonction de la température. On s'aperçoit qu'au-dessus d'une certaine température critique appelée température de Curie, le champ magnétique disparaît totalement. Voilà pourquoi on ne peut pas chauffer les aimants permanents.

## Cristallographie des aimants

Nous avons vu que l'aimant était constitué de zones à aimantation aléatoires que l'on doit orienter par un champ magnétique extérieur. En fait, la réalité

Caractéristiques	Ferrite FXD380	SmCO <sub>5</sub> RES190	Néodyme RES270	Unités
Rémanence	390	890	1 100	mT
Maximum BH	28,20	154	215	kJ/m <sup>3</sup>
Point de Curie	450	720	310	° C
Température maximum de fonctionnement	350	250	140	° C
Densité	4,75	8,3	7,4	kg/m <sup>3</sup>
Champ magnétisant initial	955	1 800	1 800	kA/m

Fig. 8 : Caractéristiques comparées entre aimants permanents, ferrite, samarium-cobalt (SmCO<sub>5</sub>) et Néodyme Fer-Bore (Néodyme). On notera en particulier les écarts du facteur BH caractéristique de l'énergie stockée dans le champ extérieur à l'aimant par unité de volume de matériau magnétique. Il y a un facteur de 8 entre ferrite et Néodyme Fer-Bore. (D'après document RTC)

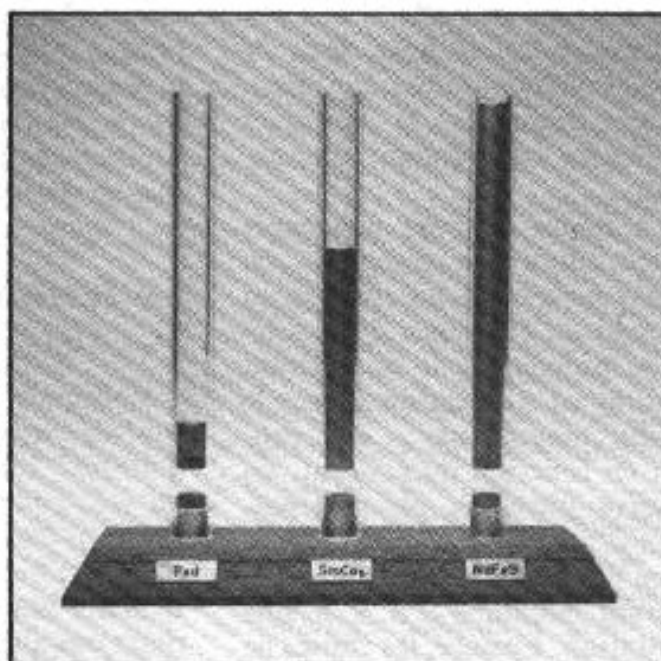
est encore plus complexe, car chacun des cristallites de la figure 5 est lui-même constitué de domaines magnétiques qui ne sont pas nécessairement orientés dans la même direction.

Un bon matériau magnétique a donc une structure complexe, liée tout d'abord à la structure cristalline, c'est-à-dire l'arrangement local des atomes, pour donner les propriétés magnétiques. Ce n'est pas le fer qui est magnétique, mais le fer sous sa forme cristalline cubique centrée. Si le fer, dans un composé comme l'acier inoxydable, a une structure cubique à face centrée, il n'est plus magnétique. Comme on ne peut pas constituer d'une manière économique des monocristaux parfaits de tels composés, le matériau aura une constitution qui devra être adaptée, c'est-à-dire composé par exemple de grains qui n'évolueraient pas au cours du temps. Tout cela signifie que le matériau doit être travaillé pour obtenir la structure souhaitée.

Une fois le matériau fabriqué, il faut l'aimanter en le soumettant à un champ magnétique.

On voit donc qu'un aimant est complexe et fragile. Si on le chauffe trop haut, il perd ses propriétés magnétiques, car on dépasse la température de Curie. Si on le déforme, on détruit sa

Fig. 9 : Cette représentation parle d'elle-même : comparaison des capacités de tenue de charge pour trois aimants de même taille, de gauche à droite : ferrite, samarium-cobalt et néodyme fer-bore. (Doc. RTC)



structure cristalline ce qui diminue ses propriétés magnétiques.

## Les matériaux magnétiques en audio

### Les transformateurs

C'est tout d'abord là que l'on rencontre le besoin de matériaux magnétiques spécialisés. En effet, nous avons vu sur la courbe d'hystérésis de la figure 6 qu'après avoir aimanté le matériau, c'est-à-dire orienté tous les aimants atomiques dans la même direction, il faut fournir du courant pour retourner complètement tous ces micro aimants et

les amener dans une direction opposée. Et à nouveau le même courant pour revenir à l'état initial. On a donc consommé de l'énergie pour réaliser cela. On montre que celle-ci est proportionnelle à l'aire de la courbe d'hystérésis. Dans un transformateur, le bobinage primaire produit un champ magnétique variable, qui induit un courant dans la bobine secondaire. Pour éviter toute perte, on a donc intérêt à choisir un matériau ayant une courbe d'hystérésis la plus linéaire possible. On fait cela en ajoutant par exemple du silicium dans du fer.

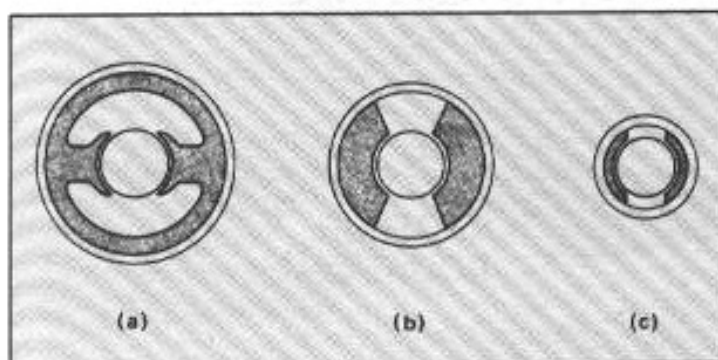
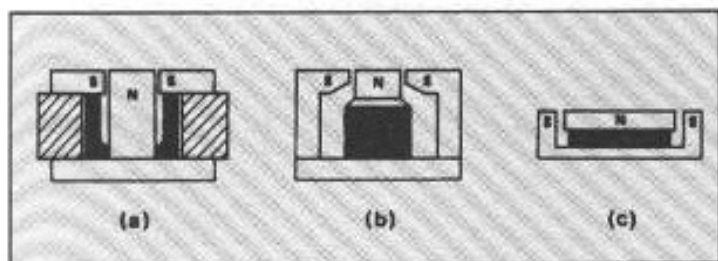


Fig. 10 : Dimensions relatives des aimants permanents de haut-parleurs + moteur ; de gauche à droite : ferrite, ticonal et samarium-cobalt. Avec le Néodyme Fer-Bore, la taille serait encore réduite.

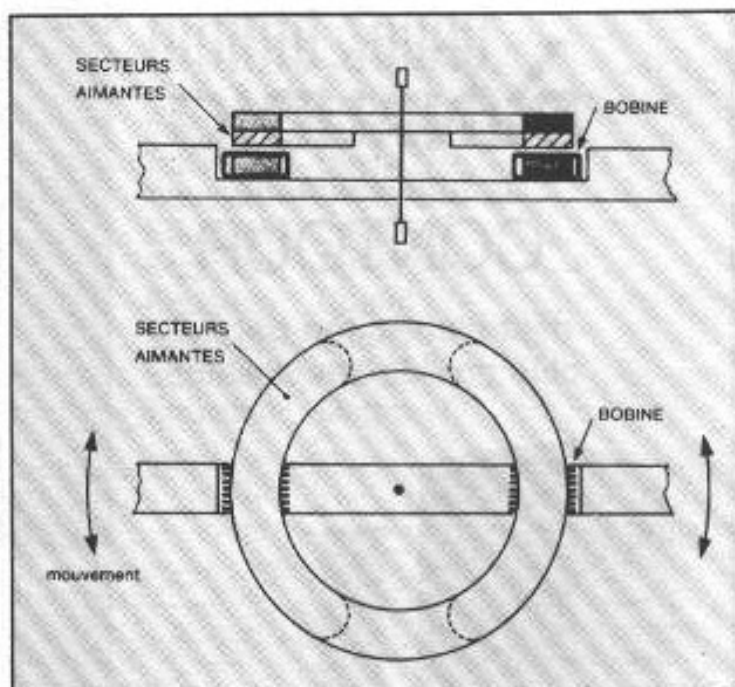


Fig. 11 : Configuration en coupe d'un actionneur oscillant développé pour les lecteurs CD utilisant des aimants terres rares.

## Les aimants permanents

On les trouve évidemment au niveau des haut-parleurs et des moteurs. Il vaut mieux choisir les aimants les plus puissants possibles, c'est-à-dire pour un volume donné ceux qui ont le champ magnétique résiduel le plus grand.

Alors que pour les transformateurs, on cherche des matériaux avec une courbe d'hystérésis linéaire, dans le cas des aimants permanents, on cherche à obtenir une courbe d'hystérésis la plus carrée possible, pour qu'il n'y ait pas de perte après suppression du courant de magnétisation.

Un alliage ayant de très bonnes propriétés magnétiques est l'Alnico, formé de fer, Aluminium, Nickel, Cobalt, Cuivre. Plus récemment, des alliages à base de terre rare et de cobalt ont été découverts, et en 1983, les aimants au Néodyme Fer-Bore.

Ces derniers sont en train de révolutionner le monde de l'aimant permanent. En 1989, ils représentaient déjà 24% du marché mondial des aimants permanents, et devraient couvrir 40% en 2000. A cause du prix élevé, il n'est encore utilisé que dans les domaines de pointe: militaire, spatial et robotique. En dehors de son prix, on manque encore d'expérience sur la durée, c'est-à-dire son vieillissement. Par ailleurs, il reste un problème de tenue en température, la température de Curie se situe à 150°C. Cependant, il semble que l'adjonction de cobalt permette de l'élever à 300°C. On peut donc penser que très prochainement les prix devraient baisser, surtout grâce à l'arrivée sur le marché de matière première en provenance de Chine et d'URSS.

Il n'y a donc aucune raison pour que les NdFeb ne soient pas utilisés plus largement en audio haut de gamme où le coût de l'aimant est relativement faible

par rapport au coût global de l'enceinte acoustique. On pourrait par exemple réaliser des haut-parleurs avec un volume d'aimant plus faible que par rapport à ceux existant actuellement, et ainsi faciliter la conception du saladier (évacuation de l'onde arrière). Certaines réalisations existent déjà avec ces nouveaux aimants (Infinity, JBL...).

## Conclusion

Nous avons vu que l'aimantation était un phénomène complexe pas encore totalement compris au niveau théorique, et que les aimants permanents sont des matériaux fabuleux, mais difficiles à réaliser. Les nouveaux aimants au Néodyme Fer Bore sont d'un grand intérêt, car ils devraient diminuer sensiblement la dimension des aimants à puissance égale. En audio, les applications sont prometteuses. A suivre.



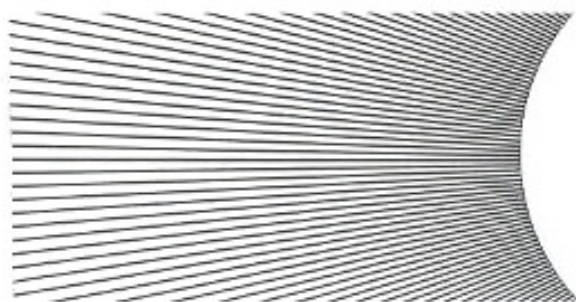
**Page non  
disponible**



**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**



# Qu



### L'intégré YBA

*Le parcours de la marque française YBA est tout à fait remarquable. Dans le secteur très concurrentiel de l'électronique audio, cette PME française a su imposer une image de marque très solide sur l'ensemble des principaux marchés internationaux. La qualité extrême de réalisation, le savoir-faire et l'esthétique sonore raffinée propre aux appareils de la marque ne*

*sont certainement pas étrangers à ce rapide succès. Cela a d'ailleurs valu à son créateur,*

*Yves-Bernard André, un Trophée Joseph Léon lors des dernières Journées de la Haute-Fidélité. A cette occasion était présenté un intégré... YBA vient ainsi répondre à une tendance nouvelle qui ne cesse de s'accroître. De nombreux amateurs souhaitent une solution intégrée de très haute qualité. Cet appareil est proposé à moins de 10 000 F, ce qui est une performance*

*industrielle car il est conçu et réalisé selon les mêmes critères de qualité que le reste de la gamme. Le châssis, lui non plus, n'a pas fait l'objet de mesures d'économies, la face avant est en aluminium massif... Les composants sont, eux aussi, rigoureusement du même niveau de qualité. Il délivre une puissance tout à fait confortable de 50 W sur 8  $\Omega$ , de 90 W sur 4  $\Omega$ . Il est prévu d'origine pour le bi-câblage et dispose à cet effet de deux sorties par canal. Il incorpore une entrée RIAA aimant mobile, une extension bobine mobile est disponible en option.*

### Yamaha YCR-315 L

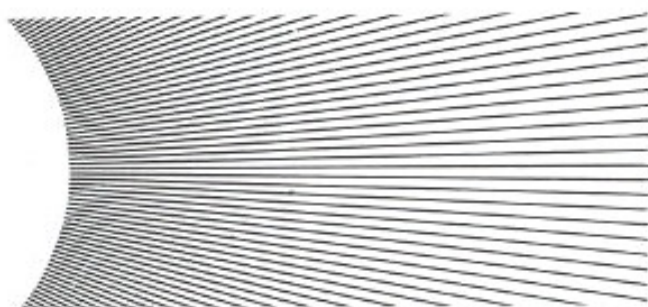
*Début de la gamme de la toute nouvelle série d'autoradios Yamaha, le YCR-315L a plus d'un atout dans son tiroir antivol. Voici en effet une platine extrêmement évoluée, pourvue des derniers perfectionnements dont bon nombre de très haut de gamme passés auraient aimés se targuer. Songez plutôt. La section cassette dispose dans ses grandes lignes d'un Dolby B, d'un auto-reverse avec double azimuthage dans les deux sens de défilement, d'un auto-tenseur de bande et d'un système de recherche de plages. Pour la section tuner,*

*c'est de 30 mémoires au total dont vous disposerez, mais aussi d'une tête HF très sensible et de tous ces automatismes qui vont faciliter la vie du conducteur mélomane. Simple, pratique, aussi performant que puissant avec ses 4 fois 8 watts, voici une excellente occasion de découvrir la haute-fidélité automobile dans sa véritable dimension.*





# ID



### Luxman L Compo 005

*Est-il possible de concilier en Hi-Fi esthétique, conception audiophile et format réduit ? Luxman avait tenté et transformé l'essai avec sa chaîne L Compo 007 proposée en éléments séparés. Devant le succès remporté par ce nouveau concept, Luxman récidive et propose désormais une série L Compo moins sophistiquée et plus accessible, la 005. Celle-ci se compose d'un lecteur CD D 005 avec octuple suréchantillonnage, d'une platine double cassette K 005, d'un tuner T 005 équipé du fameux circuit CAT (Computer Analysed Tuning), d'une platine disque à entraînement par courroie P 005 et de l'amplificateur A 005 (2 x 80 W RMS) avec télécommande pour toute la chaîne. Tous ces éléments sont au*

*format 36 cm et disponibles séparément pour former un ensemble complet ou s'intégrer à des systèmes pré-existants avec un très bon niveau.*

### Solen, Classic B35

*Cette jeune firme française s'est fait remarquer à la sortie du modèle Tigre, intégré hybride de forme triangulaire et de coût très compétitif. Elle récidive avec un modèle encore moins onéreux, le Classic B35.*

*Intégré lui aussi, ses étages d'entrée utilisent des tubes ECC 83, l'étage de puissance est de technologie bipolaire. Fonctionnant en classe AB, il délivre 35 W. Le taux de contre-réaction est modéré puisque de 20 dB.*

*Proposé à moins de 6 000 F, il intègre néanmoins cinq entrées haut niveau et phono MM ou MC. Rares sont les sociétés françaises capables de se placer en compétition avec des produits anglais en particulier. Beaucoup parlent d'un tissu industriel qui n'existe plus en France pour l'électronique audio... Les réalisations proposées par Solen, avec le Classic B35 en particulier, montrent que les choses sont en train de changer.*





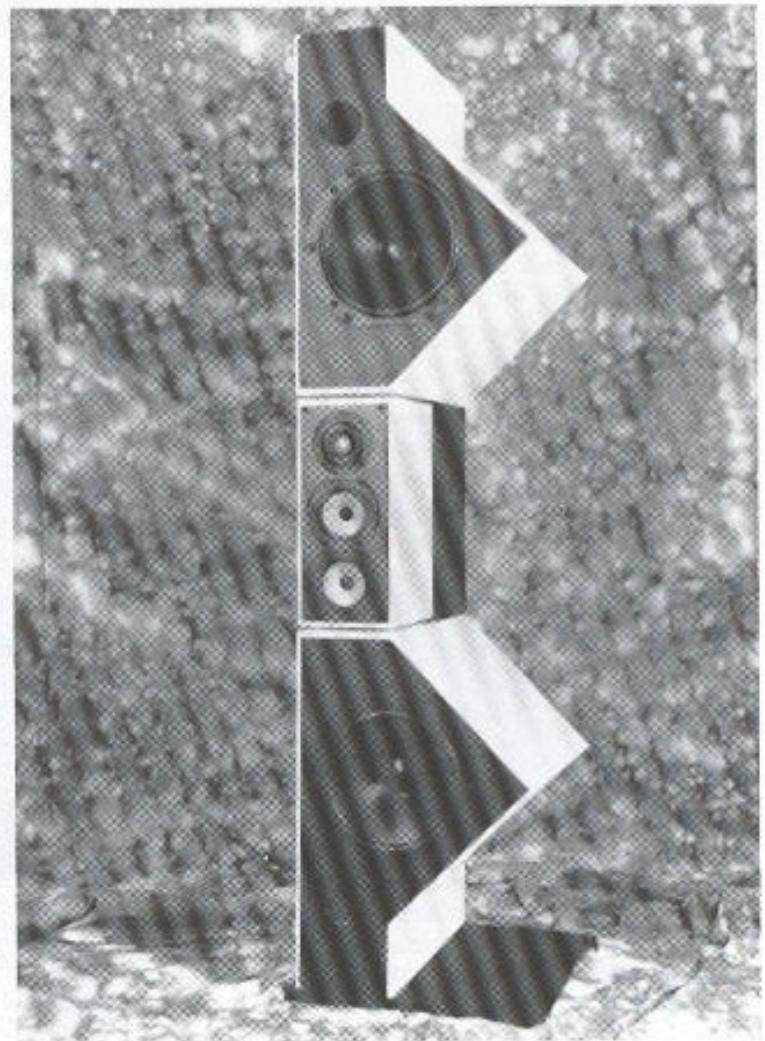


### Elipson, série Axial

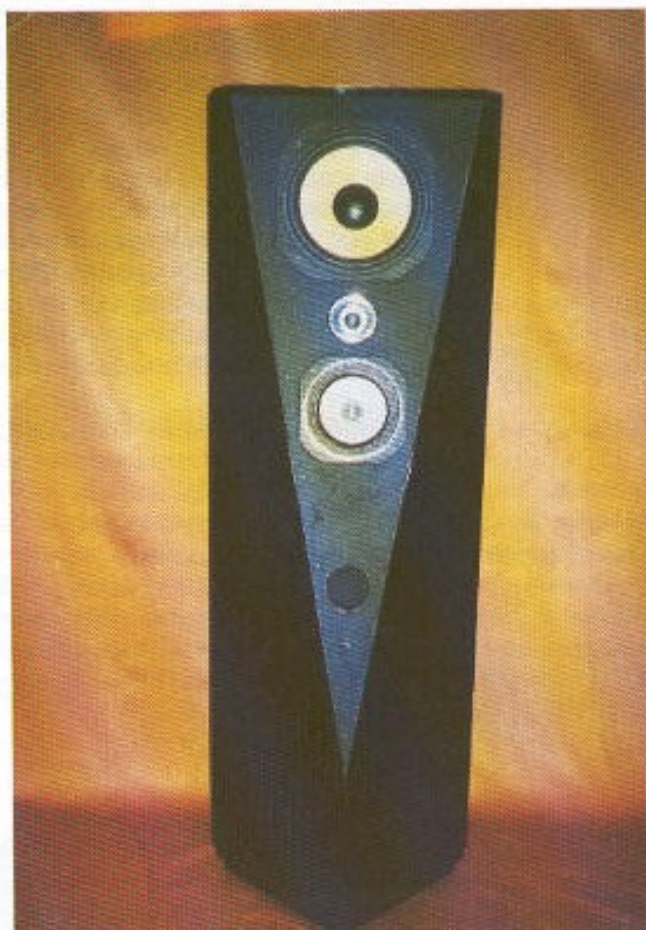
Depuis 1972, Elipson utilise la technologie du haut-parleur coaxial pour les applications professionnelles. Ce qui consiste à placer le tweeter au centre du HP de médium ou de grave-médium. Les apports de la conception assistée par ordinateur ont permis une optimisation de ce procédé. Elipson l'applique sur deux nouveautés de sa gamme haute-fidélité, l'Axial 100 et l'Axial 130. La première est un modèle deux voies utilisant un seul coaxial avec une fréquence de coupure à 3 kHz. La seconde est une 3 voies équipée de deux haut-parleurs dont un coaxial, les fréquences de coupure se situent à 100 Hz et 3 kHz. L'intérêt de cette technique n'est plus à démontrer et offre des caractéristiques de cohérence de phase excellentes dues à la coïncidence des centres émissifs et par là même de remarquables performances en réponse impulsionnelle. Peu de développements ont recours à ce principe, la cause se situe sans nul doute au niveau de la difficulté de réalisation de ce type de transducteur.

### BW Matrix 800

Fort remarqué par son design résolument original aux dernières Journées de la Haute-Fidélité, le nouvel haut de gamme BW se caractérise par des solutions techniques très intéressantes. Ce constructeur, depuis de nombreuses années, mène des recherches poussées en matière de conception antivibratoire. La forme triangulaire découle de ces impératifs afin de limiter les résonances propres du caisson chargeant les deux 30 cm. La réalisation fait appel au principe Matrix. A intervalles réguliers, une structure de croisillons tridimensionnelle est prise en feuillure entre les parois, leur conférant ainsi un très haut degré d'amortissement des vibrations internes. Afin de pallier le décalage des résonances vers le haut du spectre dû à l'écroissement de rigidité, chaque alvéole des croisillons est remplie d'une mousse légère. Le positionnement particulier des deux voies graves vise à résoudre les problèmes de couplage acoustique au local d'écoute. Par la mise en pression en deux points séparés (l'enceinte mesure 1,91 m de haut) du volume d'air de la pièce, on obtient un lissage des surtensions découlant de cette dernière, l'excitation des modes de résonance propres étant plus diffus. Coupé à 380 Hz, ces deux HP de grave sont relayés par deux 13 cm Kevlar jusqu'à 3 kHz suivis par un tweeter à membrane beryllium à haut rendement (97 dB). Le rendement global est élevé puisque de 93 dB. Linéarité, spatialisation et tenue en puissance caractérisent la Matrix 800.







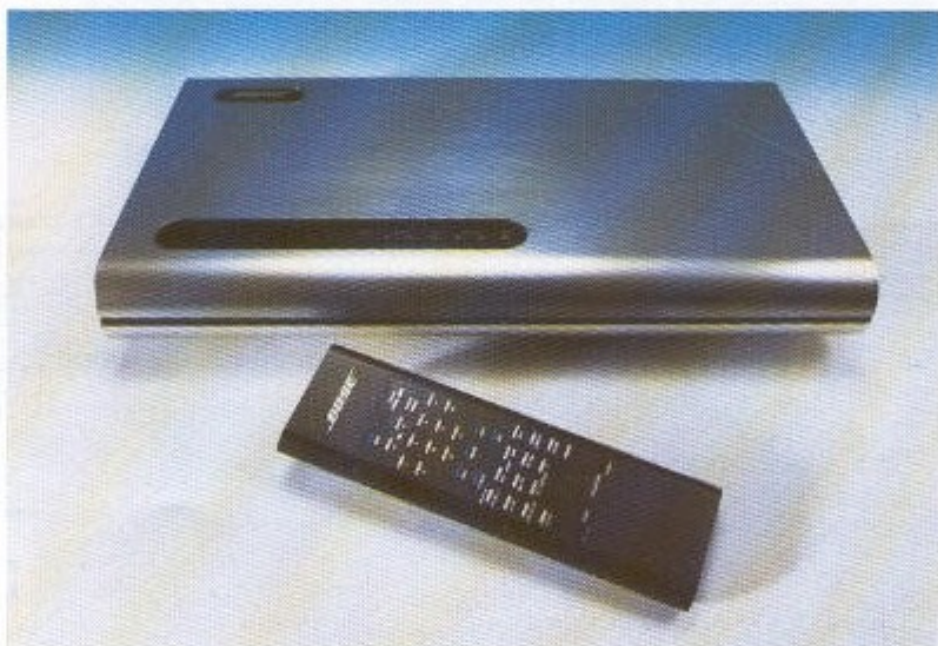
### Athis de Michel Mytnik

La conception antivibratoire des coffrets d'enceintes est un domaine qui suscite nombre de développements originaux. Ainsi l'enceinte Athis, présentée en mars, utilise une double structure. Elle est composée d'une âme, en pierre de synthèse associée à des matériaux composites, d'un support de H.P. de grave et d'un coffret clos de médium de forme octogonale réalisée dans le même matériau. Une ébénisterie en médite de 22 mm solidarise l'ensemble de ces éléments. Un découplage permet de s'affranchir d'une transmission des vibrations dans les parois de l'enceinte. Un renfort double en « H » vient rigidifier le compartiment grave. Les transducteurs utilisés sont issus du secteur professionnel. L'amortissement interne est confié à du feutre de laine. Le filtrage à pente douce associé à une forme sans parallélisme et un parfait contrôle des caractéristiques mécaniques confèrent à cette réalisation confèrent à cette réalisation une image sonore et une précision de l'emplacement des instruments tout à fait inhabituels. Son prix : 24 000 F pièce.

### Bose, la chaîne Lifestyle

L'essor de la domotique suscite la convoitise des plus grands groupes internationaux ; pourtant, c'est un secteur encore bien nébuleux et bien rares sont ceux qui sont à même de prédire quels seront précisément les produits qui s'installeront dans la maison conviviale de demain... Une chose est certaine, la musique y tiendra une très grande place. C'est dans cet esprit que Bose lance sa chaîne Lifestyle. Le centre nerveux de ce système regroupe un lecteur CD et un tuner programmable (trois entrées haut niveau permettent de l'attaquer par une modulation extérieure).

Un microprocesseur assure la gestion intégrale de deux zones d'écoute indépendantes tant en programmes qu'en commandes. Une ou plusieurs télécommandes peuvent être utilisées et, contrairement au principe infrarouge, la télécommande du Lifestyle s'affranchit de tous les obstacles, murs et parois. Le module central peut donc très bien être commandé d'une autre pièce, voire de l'extérieur. Les diffuseurs associés à ce système sont des Acoustimass amplifiés, 100 W pour le grave et 50 W pour les coffrets médium-aigu. Il s'agit donc d'une véritable bi-amplification. Un égaliseur actif permet de linéariser la réponse et un égaliseur dynamique ajuste la balance tonale en fonction du niveau moyen d'écoute. Le système Lifestyle pour l'équipement de deux pièces est proposé à moins de 25 000 F...







### Tuner Kenwood L-1000

La superbe gamme Kenwood de la série 1000 va se compléter prochainement (en septembre 1990) d'un tuner FM de même niveau, formant ainsi une gamme de quatre éléments dont le prix global est très compétitif (38 000 f environ) compte tenu des performances. Kenwood est, comme on le sait, le plus grand spécialiste japonais du tuner FM. La version

L-1000 T a été conçue pour satisfaire les différentes exigences des utilisateurs, les performances devant tenir compte des conditions d'utilisation réelles. Tous les concepteurs de tuner savent combien il est difficile de concevoir un circuit qui puisse offrir haute musicalité, sélectivité, large bande passante et faible taux de distorsion.

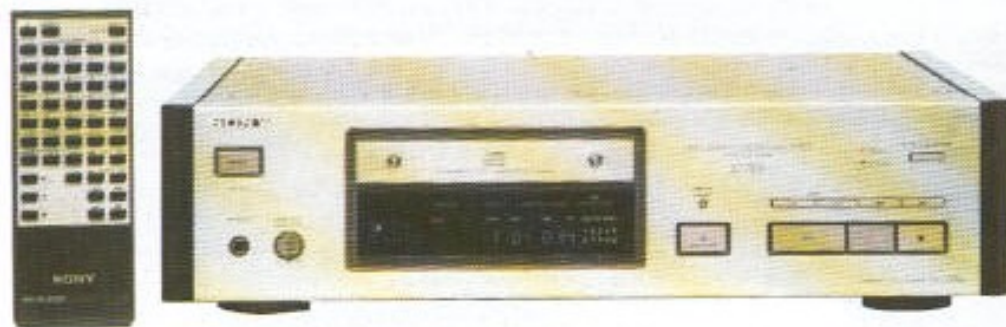
Le L-1000 T, dérivé de la version 4D, regroupe un ensemble de circuits perfectionnés et originaux. Simple d'utilisation, pourvu d'une télécommande, le L-1000 T fait appel au démodulateur stéréo PLL à quartz, à des circuits sophistiqués tels le compensateur de distorsion CCD, le décodeur pur DPD (meilleure séparation entre les canaux), possibilité de syntonisation décalée de 25 kHz pour une meilleure réception des stations mal reçues, circuit de réception linéaire directe CRLD améliorant le rapport signal/bruit, circuit de réception actif à sélection automatique de sensibilité, etc. Le tout, conçu dans le même esprit que les autres maillons de la gamme L-1000 assure des performances d'écoute à la hauteur de celles de mesure : 0,008 % de distorsion en stéréo, 86 dB de rapport signal/bruit, 80 dB de réjection image, sensibilité 0,9  $\mu$ V. Kenwood réalise ainsi un compromis sans précédent sur des critères de qualité de réception, de musicalité et de prix de revient.

### Wadia Digimaster X-32

Qui n'a pas rêvé devant l'extraordinaire Wadia Digital 2000, la révélation de nos Muses d'Or du n° 6 ? Mais, voilà, son prix rédhibitoire le confinait dans son rôle d'électronique de rêve. Pour y remédier, le Digimaster X-32. Il fait presque aussi bien, fait appel aux mêmes technologies et



surtout coûte entre trois et quatre fois moins cher ! Pour vous mettre l'eau à la bouche, évoquons simplement les deux super-calculateurs DSP capables de conférer au X-32 un suréchantillonnage pour 32 fois la fréquence de base, quel que soit le standard, 36, 44,1 ou 48 kHz. Il y a aussi cet étage de sortie démesuré dénommé Sledgehammer, capable de driver correctement n'importe quel préamplificateur et, ultime attention, un inverseur de phase absolue. Destiné à être associé aux meilleures bases mécaniques par l'intermédiaire de ses liaisons optiques ou coaxiales, voici un des plus efficaces moyens de découvrir les véritables performances de la lecture audionumérique. Mais au-delà, c'est aussi avoir la satisfaction de posséder une électronique hors du commun sortant du cadre éthéré et figé du filtrage numérique classique. Les écoutes que nous avons pu faire nous ont confirmé que Wadia était un des très grands de l'audio-numérique...



### Sony CDP-X77ES

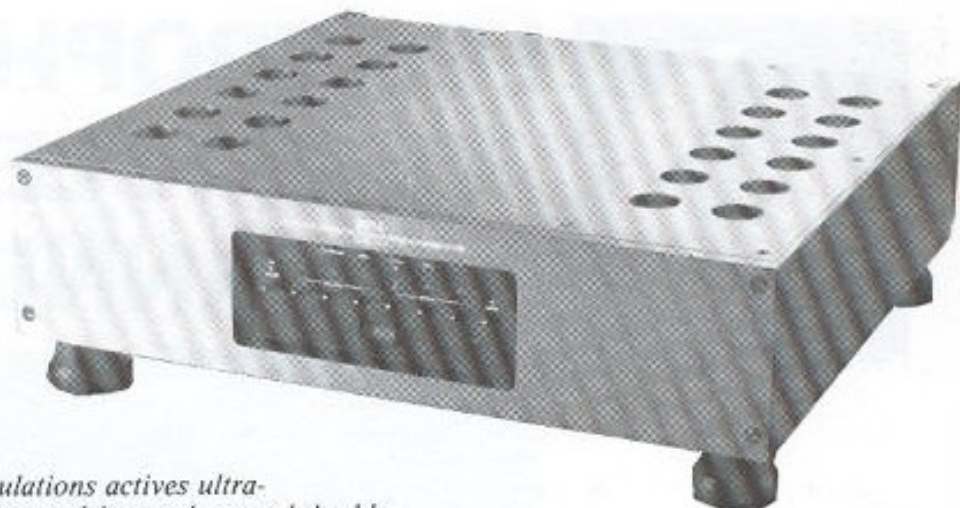
Promoteur du format compact-disque, Sony se devait de faire progresser encore les techniques de lecture. Le CDP-X77ES pose un nouveau jalon dans la recherche de la vérité sonore. Il est équipé d'une nouvelle race de convertisseur 1 bit baptisé « Pulse DIA Converter » et tournant à une fréquence d'horloge de 45 MHz, soit 1 024 fois la fréquence de base. La mécanique

est un modèle de précision et les circuits audio sont traités audiophile (capacités polypropylène). La réalisation est sublime et pour 14 990 F, on est en possession d'une superbe machine qui repousse au loin les limites présumées de la transcription numérique. Le fleuron d'une nouvelle génération de lecteurs laser.



### Stax DAC-X11

Stax s'est illustré dans le domaine de la numérique avec les lecteurs CD Quattro I et II. Stax y ajoute désormais un super-convertisseur N/A hybride, le DAC-X11. Ce convertisseur de type 20 bits octuple suréchantillonnage à double convertisseur par canal, équipé de trois entrées optiques, de trois entrées coaxiales, de sorties symétriques et asymétriques s'adapte automatiquement aux standards 32, 44,1 et 48 kHz. Il contient trois alimentations totalement séparées (transformateurs compris) suivies de régulations actives ultra-rapides. L'étage de sortie analogique fait appel à un tube noval double triode relié en couplage direct aux étages transistorisés. Réalisé avec le même esprit de perfection sonore que les électroniques du même nom, ce serait le grand rival des convertisseurs de très haut de gamme. Le DAC-X11 serait, selon Stax, le premier du genre qui, grâce à un nouveau circuit breveté à double PLL peut garantir une absence quasi-totale de « jitter » (phénomène de sautellement et d'écho de l'horloge). De dimensions 480 x 147 x 425 mm, le DAC-X11 pèse 19 kg.



### Technics SH-X1000/SL-Z1000

Ça y est ! Technics lancera dès la rentrée un lecteur CD et un convertisseur séparé de top-niveau et vient par là se positionner dans un domaine où tous les grands industriels japonais proposent des solutions sans compromis, témoins de leur savoir-faire technologique. Qui plus est, ces appareils sont une véritable vitrine des innovations que l'on verra appliquer sur des appareils de plus large diffusion dans les mois, voire les années à venir. Le lecteur SL-Z1000 fait appel à une structure de châssis lourd anti-résonante. Le bloc de lecture est en aluminium moulé. Un système de suspension en quatre points a été spécialement développé. Les transformateurs de la section servo-commande d'une part à la section numérique d'autre part sont indépendants. L'accès est ultra-rapide. Le convertisseur, SH-X1000, fait appel au système MASH, Technics en est d'ailleurs l'un des initiateurs. Ce système équipe déjà dès ce printemps toute la gamme des platines laser de la marque. Il incorpore un système de suppression de jitter et fait appel à des circuits à très haute résolution. Tous les composants sont du top-niveau, les transformateurs indépendants... L'ensemble devrait être proposé aux alentours de 80 000 F. Nous attendons avec impatience des informations plus détaillées...

### JVC XL-G 3500

Question : quels sont les liens profonds unissant l'honorable société japonaise JVC au non moins respectable designer Giugiaro ? L'autoradio, bien sûr ! Mariage de la haute technologie et du design industriel, cette nouvelle gamme a vraiment tout pour elle. Prenons le cas du lecteur XL-G 3500. Une magnifique platine intégrant une mécanique CD avec cartouche afin de préserver nos délicats disques argentés, un tuner ultra-sensible et une puissance très généreuse de 4 fois 22 watts. Fluidité des lignes alliée à une ergonomie très poussée en parfaite adéquation avec le concept de design industriel, vous feront profiter pleinement des possibilités étendues du XL-G 3500 et de ses performances du plus haut niveau : conversion selon le précède 1 bit, sortie ligne pour amplification d'appoint ou encore sélection de la couleur de l'affichage, ambre ou vert. L'autoradio séduction dans toute sa splendeur.







# LES TROPHEES JOSEPH LEON 2<sup>eme</sup> ANNEE



Les trois lauréats et les membres du jury

Pour la deuxième fois, la remise des Trophées Joseph Léon, patronnés et offerts par les Editions Fréquences, a eu lieu dans le cadre des Journées de la Haute Fidélité.

Un cocktail organisé par le Président du salon, Jean-Marie Hubert, rassemblait tous les professionnels de la Haute-Fidélité.

Jean-Marie Hubert souhaitait à tous la bienvenue et profitait de l'occasion pour annoncer officiellement que les Journées de la Haute Fidélité se tiendraient en 1991 au Palais des Congrès. Cette nouvelle était accueillie avec un contentement certain que ponctuaient des applaudissements nourris. Edouard Pastor, Président des Editions Fréquences, à son tour, remerciait l'assistance nombreuse ainsi que les membres des anciens de la haute-fidélité qui avaient constitué le jury pour décerner les trois Trophées. Ce jury s'était tenu en Janvier sous la présidence de Jean Artozoul cette année (Messieurs Boissinot, Cotte, Cotillon, Rosanès, Zagury). Il laissait ensuite la parole à Jean Artozoul dont voici le discours :

*Bonsoir ! Le volume et la qualité de l'assistance nous montre à quel point la « Haute-Fidélité » est devenue une réalité et une chose importante dans notre société.*

*Permettez-moi de saluer au passage le Président de l'année dernière : Pierre Langlois.*

*Pour ne pas trop bajouiller, vous me permettrez de lire les quelques lignes que je vous adresse avec une certaine émotion, elles ont été pensées en collaboration avec mon vieil ami Edouard Pastor, des Editions Fréquences, instigateur de ce prix.*

*Pour la 2<sup>eme</sup> édition, les trophées « Joseph Léon » seront décernés quelque peu différemment de l'année précédente.*

*Nous savons que la société « Triangle » et son animateur Renaud de Vergnette, premier lauréat du prix récompensant une jeune entreprise française pour une réalisation remarquée, persévère dans sa tâche délicate, et que les résultats sont plus que prometteurs, nous lui renouvelons nos encouragements. Peut-être serai-ce un des embryons du Renouveau Français en Electronique ! Qui peut plus que moi l'espérer, et il y a quelques espoirs d'ailleurs avec d'autres audacieux.*

*Cette année, trois Trophées seront remis par mes amis de l'Association, dans quelques instants...*

*Les catégories sont :*

- un prix toujours axé sur une firme française méritante,
- un prix récompensant une technologie internationale de premier ordre,
- un prix pour un de nos « pair » qui ont tant fait pour cette industrie et auxquels nous sommes toujours reconnaissants.

*Le symbole de ces trophées « Joseph Léon » est, outre les récompenses qui mettent en évidence au fil des années les principales étapes de progrès en Hi-Fi, aussi, d'une certaine manière la célébration de la mémoire que les gens du métier ont de ceux qui les ont précédés.*

*La Haute-Fidélité a déjà derrière elle une histoire, en effet vieille grosso-modo, d'une quarantaine d'années. J'ai moi-même vécu ces quarante années, et j'ai vu au fil du temps, devenir ce qu'est notre métier aujourd'hui, j'ai vu aussi, hélas, beaucoup de ses grandes figures disparaître les unes après les*



Jean Artozoul



autres, (qu'elles soient françaises ou étrangères).

Il serait très long de tous les citer ici, mais Joseph Léon, un des plus valeureux artisans de la Haute-Fidélité française a été choisi pour les symboliser tous. Nous venons d'apprendre d'ailleurs (après que le trophée lui soit décerné) que M. Studer, à son tour, quittait la profession. C'est très chaleureusement que nous lui souhaitons de pouvoir conserver dans la quiétude sa vitalité intellectuelle.

La Revue l'Audiophile va publier dans son prochain numéro, une interview dans sa rubrique « Rencontre », vous y trouverez tous les détails sur le parcours de cet homme exceptionnel Vice-Président de la société Revox.

C'est M. Michel Rey qui recevra le trophée, M. Studer ayant eu un

empêchement de dernier moment.

La Haute-Fidélité a un passé très riche, ne l'oublions pas, je souhaite que les jeunes y trouvent exemple et stimulation.

Vous êtes nombreux ici, très nombreux, nous devons être quelques dizaines tout au plus, au début... Je ne les citerais pas, à l'exception de Michel de Coanda dit « Le Baron », qui avait su créer un climat et une âme à cette profession balbutiante, et œuvrer pour une reproduction de prestige qui en faisait un précurseur de la Haute-Fidélité dite « ésoérique ».

Que ce métier, qui est votre passion, vous donne autant de joie qu'il en donna à vos Anciens, et je formule le souhait, pour conclure, que vous soyez le double... dans quarante ans...»

## LES LAUREATS RECOIVENT LEUR TROPHEE



M. Henri Cotte  
remet le trophée  
à M. Y.B André

Le 1er Trophée a été décerné à la jeune entreprise française Phlox fabriquant les électroniques YBA. Les amplificateurs et préamplificateurs, conçus par M. Yves Bernard André, présentent une configuration très intelligente des circuits afin de ne pas altérer le signal audio à amplifier. La réputation de musicalité de ces électroniques a largement franchi nos frontières, et le sérieux de la fabrication est à la hauteur des meilleures réalisations mondiales. La stabilité de fonctionnement et les fortes capacités en courant des amplificateurs les autorisent à attaquer n'importe quel type de charge, même complexe.



M. Jean Coillon  
remet le trophée  
à M. Kazué Akai

Le 2ème Trophée a été décerné à la firme Kenwood, promoteur de la technologie DPAC qui a fait faire un bond en avant dans la précision de conversion des signaux numériques analogiques. Ainsi, grâce à ce circuit DPAC, certaines formes de distorsion audibles sur les signaux de faible amplitude ont pu être éliminées. La linéarité de fonctionnement et la stabilité de l'image stéréo ont aussi été nettement améliorées avec une diminution très nette des phénomènes de rotation de phase.



M. Marc Boissinot  
remet le trophée  
à M. Michel Rey

Le 3ème Trophée a été décerné à une figure légendaire de l'audio professionnelle et haute-fidélité, M. Studer, père des célèbres machines de studio portant son nom et de Revox. Depuis 40 ans son nom est associé aux plus grandes réalisations en matière d'enregistreurs magnétiques et sa constante recherche de perfection s'est étendue aussi à tous les domaines de l'électronique audio et laboratoires de langues. Il a su insuffler à toute son équipe ce souci de réalisations hors du commun faisant appel aux plus hautes technologies dans l'intérêt de la transcription sonore la plus pure possible

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**







mai 1990

# LES MUSES D'OR

## à l'enceinte Martin Logan Monolith III

*Gérard Chrétien*



*otre huitième Muse d'Or  
est décernée à une enceinte acoustique, c'est une première !  
Si le domaine du numérique s'est vu attribuer quatre Muses,  
ce n'est certes pas un hasard.*

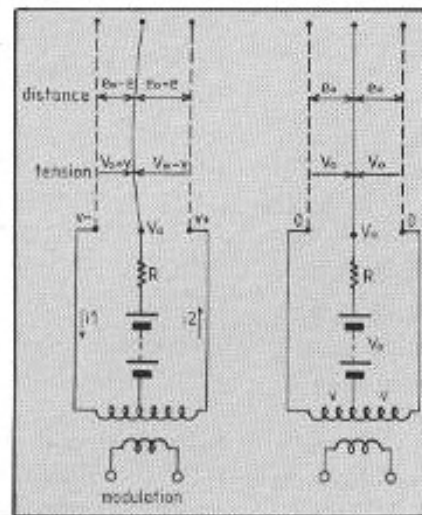
*Ce secteur, par sa jeunesse, est sans aucun doute  
celui qui connaît l'évolution et les remises en cause les plus marquées.,  
Les Muses récompensent la mise en application de technologies novatrices  
apportant leur contribution à la restitution sonore.  
Pour les transducteurs, force est de reconnaître que l'évolution de ces dernières décennies  
est plus caractérisée par la maîtrise d'un savoir-faire  
que par de réelles innovations. La motivation première de la firme Martin Logan,  
fondée il y a moins de dix ans, a été de faire progresser l'électrostatique  
et de contourner les limitations de ce procédé  
par des choix technologiques résolument novateurs.  
L'objectif a été atteint avec la Monolith III récemment introduite sur le marché.*

Dans le domaine des transducteurs, force est de constater qu'aucune innovation fondamentale n'est réellement intervenue depuis plus de 60 ans. En effet, dès les années 20, tous les principes de transduction de l'énergie électrique en énergie acoustique étaient connus, qu'il s'agisse de l'électrodynamique, du ruban, de l'électrostatique et même les bases du ionique. Les impératifs d'encombrement associés au rendement ont fait que l'électrodynamique s'est très rapidement imposée comme une solution quasi-incontournable. Le marketing déjà imposait ses exigences.

Depuis, la technologie a permis des raffinements et des évolutions spectaculaires à ces principes de base parfois rudimentaires. Principalement au niveau des matériaux, des aimants... Le savoir-faire, les astuces ont aussi largement contribué aux perfectionnements remarquables qui ont permis d'aboutir aux transducteurs que nous connaissons aujourd'hui.

## L'électrostatique, une longue histoire

L'électrostatique n'échappe pas à cette règle. Avec l'avènement de la gravure électrique, les équipes de la Bell Laboratories prennent la décision en 1923 de lancer un programme de développement de haut-parleurs afin de tirer pleinement parti des avantages de ce nouveau support. Deux jeunes ingénieurs furent mis sur le projet, C.W. Rice et E.W. Kelloggs. L'histoire raconte qu'ils disposaient déjà d'un laboratoire remarquablement équipé, avec pour éléments de travail quatre types de transducteurs développés pendant la décade précédente : cône de Lodge (transducteur à bobine mobile), électrostatique, un haut-parleur utilisant l'air comprimé et... un amplificateur à tubes de 200 W !...



L'expression de l'énergie est la suivante :

$$W = \frac{1}{2} CV^2$$

C ; capacité ; V : tension.

$$\text{Or : } C = \frac{\epsilon_0 S}{e}$$

$\epsilon_0$  ; constante diélectrique du vide ( $\approx$  celle de l'air sec) ; S : surface des armatures ; e : espacement membrane-armature.

$$W = \frac{1}{2} \epsilon_0 S \frac{V^2}{e}$$

$$dW = -F \cdot de$$

d'où l'expression de la force :

$$F = -\frac{1}{2} \epsilon_0 S \frac{V^2}{e^2}$$

Dans le cas d'un transducteur push-pull, v : tension de modulation ;  $e_0$  : espacement au repos,  $V_0$  : tension de polarisation.

- Force d'attraction, la tension de modulation s'ajoute à la tension de polarisation :

$$F = \frac{\epsilon_0 S}{2} \left( \frac{V_0 + v}{e_0 - e} \right)^2$$

- Force de répulsion, la tension de modulation vient diminuer la tension de polarisation :

$$F = -\frac{\epsilon_0 S}{2} \left( \frac{V_0 - v}{e_0 + e} \right)^2$$

$$\text{et donc : } F = \frac{\epsilon_0 S}{2} \left[ \left( \frac{V_0 + v}{e_0 - e} \right)^2 - \left( \frac{V_0 - v}{e_0 + e} \right)^2 \right]$$

Après linéarisation pour de faibles déplacements e, on obtient :

$$F = 2 \frac{\epsilon_0 S V_0^2}{e_0^3} \left( \frac{v}{V_0} + \frac{e}{e_0} \right)$$

Cette expression fait apparaître la composante contre-électromotrice de la force en  $e/e_0$ .

Quelques ordres de grandeur :

Pour un panneau de  $1,20 \times 0,60$  m et un espacement de 2 mm :

$$C = 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{1,2 \cdot 0,6}{2 \cdot 10^{-3}} = 3\,200 \text{ pF}$$

Compte tenu des perforations, seul 30 % de la surface est utilisé, la capacité sur chacune des faces de la membrane est voisine de 1 000 pF.

La constante RC sachant que R est de l'ordre de 10 M $\Omega$  est donc de  $10^{-9} \cdot 10^7 = 10^{-2}$  s

Pour des fréquences supérieures à  $\frac{1}{2\pi RC} \approx 16$  Hz, il n'y a pas de courant qui circule dans la branche R et donc  $i_1 = i_2$ . La charge de chacun des condensateurs est donc constante.

*Le principe du haut-parleur statique push-pull à charge constante.*

Tout cela déboucha en 1925 sur le haut-parleur électrodynamique. Pourtant une anecdote moins connue rapporte que nos deux chercheurs étaient convaincus des qualités de l'électrostatique. Ils avaient réalisé un transducteur de ce type ayant la dimension d'une porte et utilisant comme diaphragme une membrane d'intestin de porc recouverte d'une feuille d'or. Les dirigeants de la Bell Laboratories choisirent, pour des raisons évidentes, la solution domestique.

La première réalisation, particulièrement bien conçue, d'un transducteur électrostatique push-pull à charge constante est due à l'ingénieur allemand H. Vogt en 1927. Le diaphragme en duralumin de  $15 \mu\text{m}$  d'épaisseur était placé entre des armatures en bakélite recouvertes de carbone, l'espacement était de 2 mm et la forme circulaire. Les bases du haut-parleur statique que nous connaissons aujourd'hui étaient jetées. Une membrane conductrice polarisée par une haute tension (quelques milliers de volts) est placée entre deux armatures perforées sur lesquelles est appliqué le signal de modulation audio symétrique au travers d'un transformateur élévateur de tension (fig. 1). La haute tension continue est appliquée entre le point milieu du transformateur symétriseur et le diaphragme, au travers d'une résistance de valeur très élevée. Celle-ci ayant pour rôle de maintenir une charge constante entre membrane et armature équivalant à un condensateur. L'intérêt de cette charge constante réside dans le fait que lorsque la membrane se rapproche de l'une des électrodes par attraction, la valeur de la capacité augmente ( $C = \epsilon S/e$  ;  $C$  : capacité ;  $S$  : surface de l'armature et  $e$  : espacement) s'accompagnant d'une diminution de la haute tension (car  $Q = CV$  ;  $Q$  : charge cons-

tante et  $V$  : haute tension). Ce procédé offre le double avantage de réduire les risques de claquage (arc) ainsi que la distorsion à des valeurs très faibles.

Le succès commercial ne fut cependant pas au rendez-vous. Il fallut attendre l'après-guerre avec A. Janszen en 47 qui s'intéressa à ces transducteurs pour les besoins de la Navy afin de tester les microphones. Il construisit un modèle avec diaphragme plastique. Il utilisa ensuite ces travaux pour son propre compte et commercialisa en 52 ses premiers tweeters. De nombreux tweeters furent commercialisés durant cette décennie. Cependant, c'est en 55 qu'un pas décisif fut franchi avec la présentation d'un prototype de Peter Walker. Il couvrait la bande 40-14 000 Hz et était constitué de trois parties : deux cellules pour le grave et une pour le médium. Le fameux panneau Quad ESL en découla (56) avec six cellules de grave placées symétriquement de part et d'autre de trois cellules centrales, deux pour le médium et une pour l'aigu. Ces cellules verticales avaient un profil curviligne afin de réduire l'effet directif. Un filtre passif trois voies assurait la répartition des fréquences.

Pendant plus de vingt ans, ce premier transducteur électrostatique large bande connut un extraordinaire succès commercial et convertit de manière irréversible plus d'un amateur aux qualités du statique. Le haut-parleur de Peter Walker travaillait selon le principe de Vogt : push-pull à charge constante. Un film plastique de protection était placé de part et d'autre des grilles perforées faisant une enveloppe étanche aux poussières et à l'humidité afin de limiter les risques d'amorçage et d'assurer ainsi une bonne fiabilité, point critique des électrostatiques.

Le Quad resta sans concurrence jusqu'au début des années 60. A. Janszen se joignit à

l'équipe de KLH qui sortit la KHL 9. Ce statique de grande dimension préfigurait l'avènement des grands transducteurs « à l'américaine ». En 68, Infinity démarrait avec le Servostatic. Depuis, l'engouement pour ce type de transducteur ne fit que croître avec Acoustat, Beveridge, Dayton Wright, Sound Lab outre-Atlantique et Stax au Japon, chacun cherchant, à sa manière, à transcender les qualités inhérentes aux statiques en en reculant les limitations :

- de directivité par l'emploi de lentilles acoustiques, de cellules multiples, de lignes à retard ;
- de tenue en puissance par l'emploi de gaz plus performants que l'air au plan diélectrique ;
- de pertes dues au transformateur par l'attaque directe grâce à des amplificateurs à tubes haute tension ;
- couplage à un électrodynamique pour la restitution du grave ;
- recherche sur les mylars de membrane et leur métallisation.

## La Monolith III, ses « plus » technologiques

L'origine de la firme Martin Logan remonte à la fin des années 70. Deux inconditionnels de l'électrostatique se passionnèrent pour ce type de transducteur. Gayle Martin Sanders et Logan Sutherland. En 79, une petite équipe de recherche était mise en place pour décanter les problèmes inhérents à ce type de haut-parleur. Tout à fait conscient des efforts déployés par les fabricants s'étant auparavant attaqués à ce secteur, Gayle Sanders réalisait pleinement que la seule chance de succès était d'apporter des solutions technologiques nouvelles. C'est dans cet esprit que Martin Logan démarra...

Comme nous l'avons vu, la constitution d'un électrostatique



est, dans son principe, extrêmement simple : deux armatures perforées fixes au milieu desquelles est placée une membrane polarisée à haute tension, soumise aux forces électrostatiques d'attraction ou de répulsion par rapport aux armatures sur lesquelles est appliquée symétriquement la modulation du signal sonore.

### La membrane

Élément-clé s'il en est, la membrane d'un statique doit satisfaire à des exigences multiples :

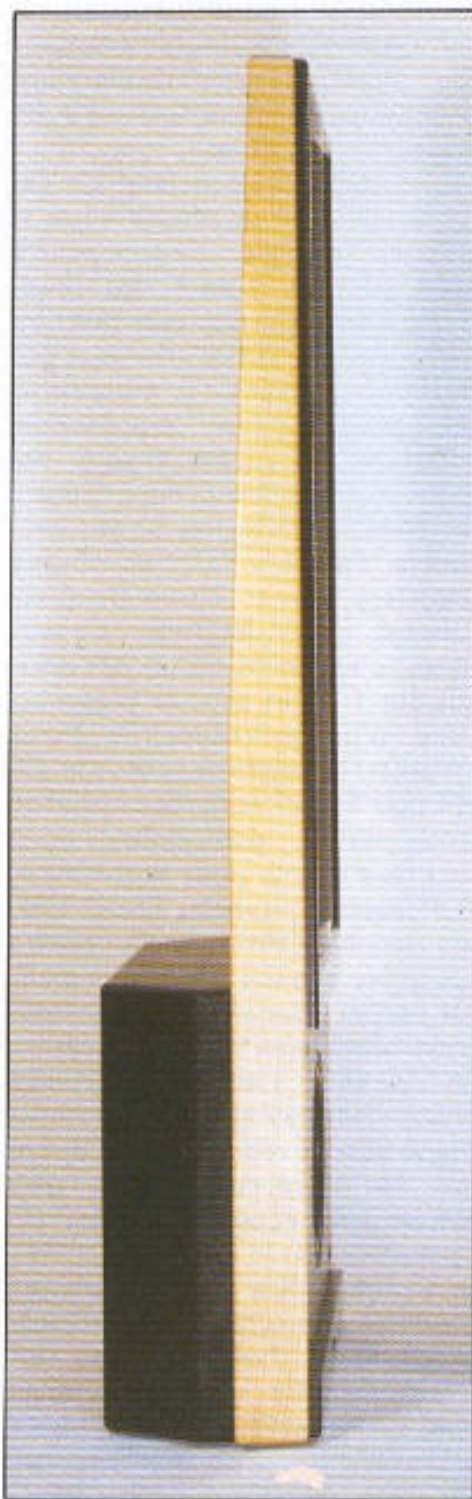
- une masse aussi réduite que possible et donc une finesse extrême de sorte à assurer un rendement convenable ;

- une conductibilité ( $10^9 \Omega/\text{cm}^2$ ) hyper-homogène de sorte que les charges électriques se répartissent uniformément (surface équipotentielle), cela pour que chaque portion de membrane soit soumise aux forces électrostatiques. Des îlots de charges concentrées en certaines zones, outre le fait qu'ils altèrent la linéarité du transducteur, sont des points potentiels d'amorçage ;

- des caractéristiques mécaniques spécifiques en matière de compliance plus particulièrement. Une membrane de statique fonctionne en flexion et non pas en piston ;

- une stabilité dans le temps des caractéristiques électriques et mécaniques.

La solution apportée par Martin Logan sur ce point critique que constitue la membrane, découle de recherches effectuées en 86 avec un collaborateur du département de chimie de l'université du Kansas. Durant trois ans, diverses techniques de métallisation du diaphragme furent envisagées : graphite et carbone colloïdal, aluminium... Cependant, les méthodes de déposition ne s'avéraient pas satisfaisantes pour garantir l'homogénéité souhaitée. La



*Vue de profil de la Monolith III, la charge close de la voie grave est relativement compacte. L'une des grandes réussites de cet ensemble réside dans la remarquable association des deux techniques électrodynamique/électrostatique.*

seule alternative envisageable consistait en un dépôt sous vide en phase gazeuse. Cela requiert des équipements spécifiques très onéreux compte tenu de la surface importante des membranes et de la qualité du vide requis. De

plus, la vaporisation doit s'effectuer de façon à procurer un impact suffisant aux particules à déposer afin qu'elles viennent s'incruster dans la surface du polymère faisant office de support. Pour cela les particules métalliques sont chargées électriquement. Les matériaux retenus pour la déposition furent le palladium, métal noble, et un oxyde de cuivre. Ce choix fut dicté par des impératifs de stabilité de ces matériaux en milieu hostiles afin d'assurer une tenue optimale dans le temps, vis-à-vis de l'oxydation en particulier. Le dépôt se fait à échelle atomique puisque l'épaisseur de la métallisation à l'intérieur du polymère est de 20 angströms (l'épaisseur d'un atome est de l'ordre de l'angström). L'épaisseur du mylar est de  $12,7 \mu\text{m}$ .

Convaincus qu'ils tenaient là la solution royale au problème crucial de la technologie de membrane, il ne restait plus qu'à trouver le fabricant capable de la réaliser. Rares étaient les industriels susceptibles de faire face à de telles exigences. Finalement, ils trouvèrent une société spécialisée dans les dépôts optiques fabriquant entre autres les hublots\* de la navette spatiale.

La finesse du dépôt ainsi obtenue, garante d'une homogénéité hors pair explique la transparence des membranes. Cette technique de dépôt sous vide en phase gazeuse, très onéreuse, serait utilisée par Stax pour ses membranes de casque. A noter que beaucoup de membranes utilisées dans les haut-parleurs statiques sont « métallisées » au pinceau par un enduit de graphite colloïdal, procédé qui ne peut en aucun cas garantir homogénéité et finesse du dépôt. De l'épaisseur de la membrane dépendent les performances en matière de réponse transitoire et de définition.

\* Pour l'anecdote, chaque hublot coûte un million de dollars !



## Les armatures perforées curvilignes

Les armatures doivent être parfaitement conductrices, la modulation est appliquée à leurs bornes. Elles doivent être le plus rigide possible, elles font office de référence vis-à-vis de la force électrostatique s'appliquant sur la membrane. Enfin, elles doivent être isolées électriquement de la membrane pour prévenir tout risque d'amorçage avec le diaphragme, polarisé à plusieurs milliers de volts.

La solution originale retenue par Martin Logan, à notre connaissance unique à ce jour, consiste en une plaque perforée en acier au carbone d'une extrême rigidité. Celle-ci est recouverte d'un composite de Nylon-Delrin offrant des caractéristiques d'isolation électrique excellentes, proches de celles du Teflon. La société qui, d'ailleurs, a développé cette technologie particulière a été la première à développer des panneaux recouverts de Teflon. Cette isolation permet de s'affranchir de la membrane de protection intermédiaire, jamais totalement inerte au plan acoustique.

Il faut noter que la réalisation de plaques métalliques perforées est le plus généralement obtenue par emboutissage. Elles présentent de ce fait, au niveau des perforations, un bord saillant et un bord arrondi. Habituellement, c'est ce dernier qui est placé du côté membrane afin de diminuer les risques d'amorçage (ramenée à l'échelle du micron de la membrane, la moindre aspérité devient un point de concentration des lignes de champ électrique).

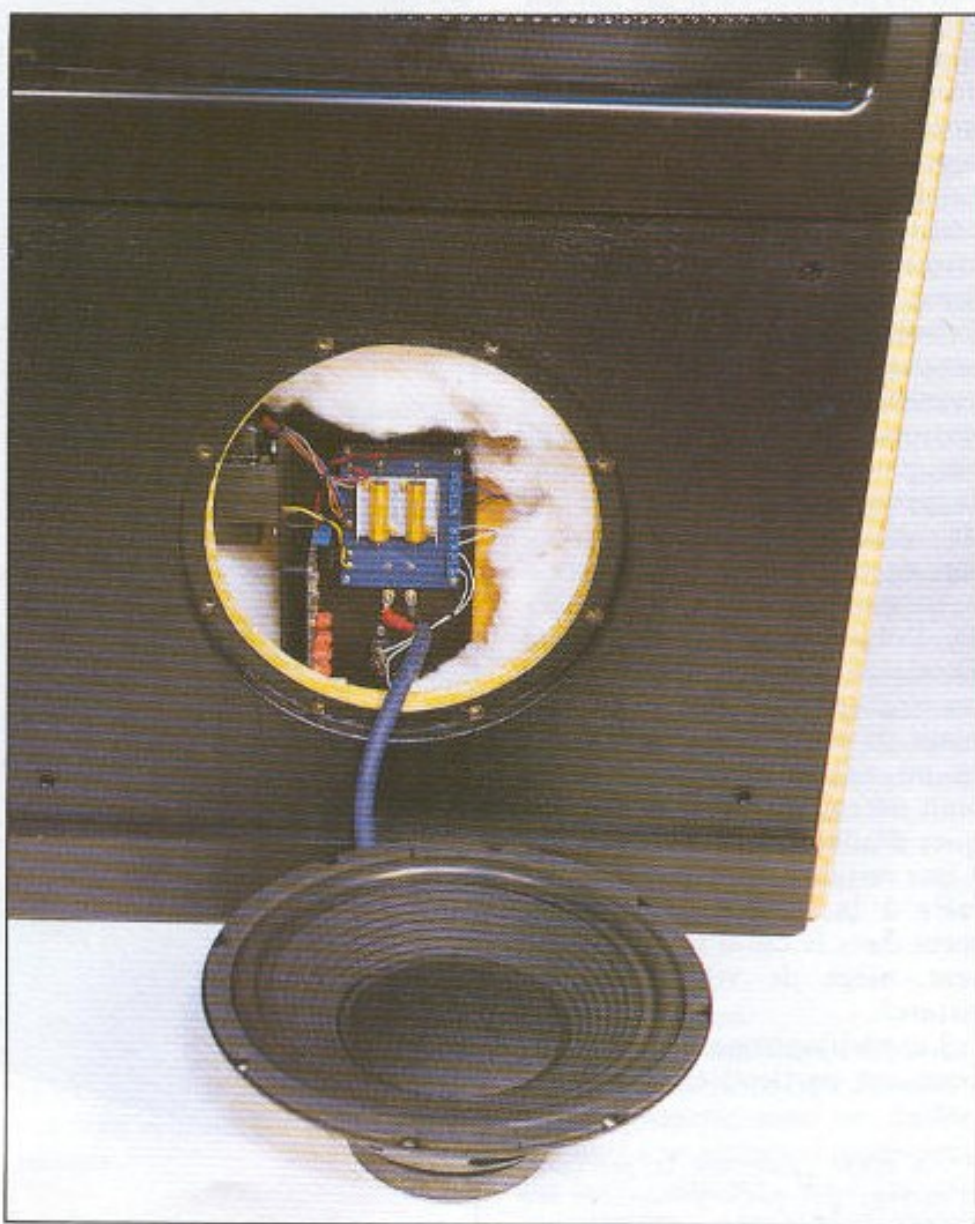
Le procédé de dépôt de la surface isolante choisi par Martin Logan fait appel à une méthode de déposition électrostatique (!) afin de garantir une épaisseur d'isolant constante, même sur les angles vifs du pourtour des perforations, ce qu'aucune méthode

de peinture ne peut permettre (hormis les peintures époxy par dépôt électrostatique, elles aussi).

L'espacement entre la membrane et les armatures influe directement sur le rendement. La force électrostatique est inversement proportionnelle au carré de cette distance. Il est clair que le choix est dicté par la dualité rendement-étendue en fréquence dans le bas du spectre. Nous n'avons pu obtenir de précision sur ce point, le constructeur semblant vouloir garder une certaine discrétion vis-à-vis de la concur-

rence... Toutefois, la différence d'efficacité entre la CLS large bande (86 dB) et la Monolith III (89 dB), coupée à 125 Hz, révèle une réduction substantielle de la distance membrane-armature. A préciser également que la valeur de la haute tension influence le rendement. Martin Logan utilise des tensions comprises entre 2 500 V et 5 000 V suivant les produits, 3 500 V dans le cas de la Monolith III.

Point d'importance et spécifique à Martin Logan, la forme curviligne des armatures. Cette solution, simple et élégante, per-



*A l'intérieur du caisson de grave se situe l'alimentation haute tension du diaphragme et le transformateur de modulation sur la droite. Le filtrage, qu'il soit actif ou passif, est dans un coffret externe.*



met de résoudre astucieusement le problème de directivité « laser » des grands panneaux plans en horizontal. De nombreux constructeurs ont tenté de résoudre cet aspect par l'emploi de cellules multiples montées en arcs de cercle. Quad, sur son ESL, avait opté pour une forme légèrement curviligne dans le sens vertical, il adopta ensuite le système de lignes à retard sur le modèle 63. Dans le cas de grands panneaux, la directivité verticale est moins sensible car l'onde générée s'apparente à une onde cylindrique.

Il est impératif d'assurer un espacement uniforme entre membrane et armature. Cela est d'autant plus critique que la forme de l'ensemble est curviligne. Outre la mise en forme des armatures qui doit être d'une extrême précision\*\*, les espaceurs maintenant la membrane en position médiane doivent, eux aussi, être parfaitement calibrés. Fabriqués par 3M, ils sont réalisés dans un matériau à très haute constante diélectrique. Mécaniquement, ils offrent des caractéristiques de souplesse telles que la membrane est protégée en cas de chocs violents occasionnés lors du transport, par exemple.

La colle utilisée a, elle aussi, fait l'objet d'un choix rigoureux. D'origine 3M également, c'est un modèle qui a permis l'assemblage de pièces dans l'industrie, là où auparavant un rivetage était nécessaire. Ses caractéristiques d'adhérence sont associées à une certaine compliance nécessaire à la fiabilité, principalement dans le cas d'un transducteur, siège de vibrations par nature.

Le positionnement des espaceurs est particulièrement criti-

que et influence directement les modes de vibration propres de la membrane. Tout l'art et le savoir-faire du concepteur se retrouvent dans le placement judicieux des espaceurs. On notera des dispositions très différentes de ceux-ci entre une CLS et une Monolith III, les impératifs en matière de fréquences graves n'étant pas les mêmes entre ces deux modèles.

L'alimentation haute tension de 3 500 V est réalisée par un réseau multiplicateur de tension, solution classique dans ce type d'application. Une régulation par Zener est toutefois assurée, elle permet de s'affranchir des

variations de tension secteur, lesquelles, compte tenu de l'élévation importante de tension, peuvent s'avérer critiques en matière de fiabilité.

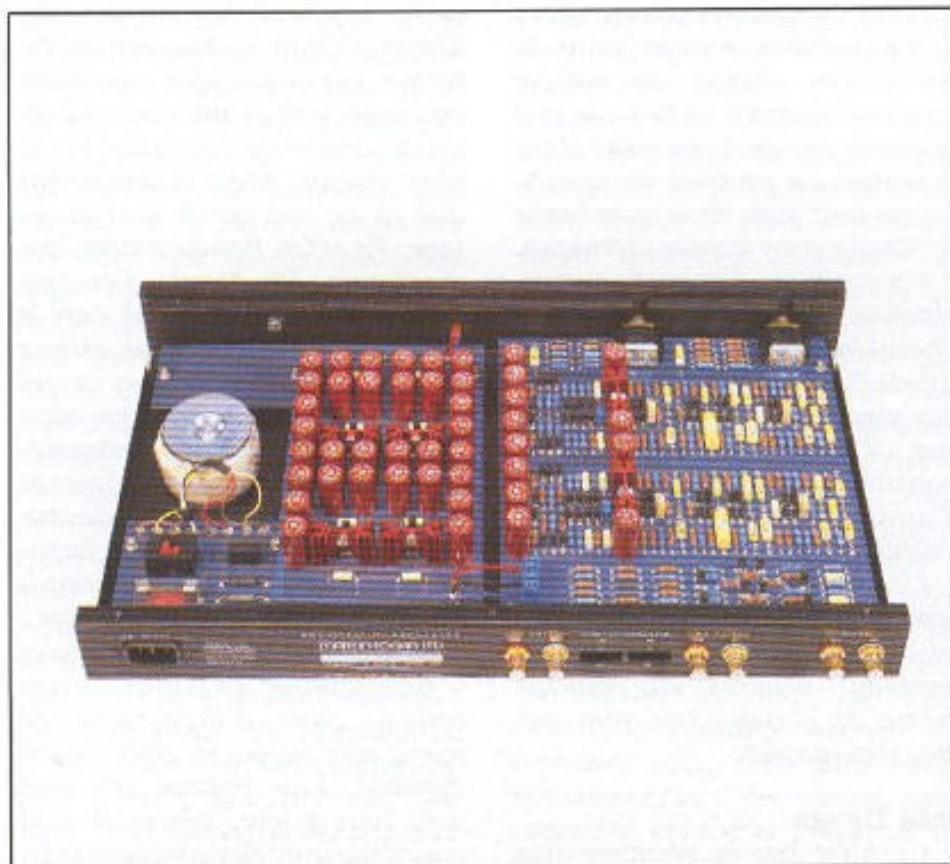
Le transformateur de modulation utilise une technique de bobinage en sandwich. Une couche primaire alterne avec une couche secondaire. Cette solution, par limitation des capacités parasites, permet d'obtenir une réponse très étendue dans le haut du spectre. Le circuit magnétique de taille conséquente autorise une tenue en puissance sans saturation jusqu'à 200 W en continu dans la bande 200-25 000 Hz.



*Le haut-parleur de grave monté en suspension acoustique est raccordé à 125 Hz avec la cellule statique fonctionnant en large bande au-delà.*

\*\* A noter également la précision d'usinage des perforations sur les Martin Logan. Elles sont parfaitement alignées entre armature externe et armature interne malgré la différence de rayon de courbure.





Le filtre actif IIIx fait appel à une technologie discrète à J-Fet. Les cellules de filtrage à 12 dB/octave pour le passe-bas et 18 dB/octave pour la passe-haut sont passives.

## La voie grave

L'association d'un électrostatique et d'un électrodynamique pour étendre la réponse dans le grave a été essayée par de nombreux fabricants avec un bonheur inégal... Le problème majeur de l'association de ces deux principes de transduction semble tenir en une différence de linéarité dynamique. Principalement sur les attaques pour lesquelles le statique a un temps de réponse extrêmement bref compte tenu de sa faible masse alors qu'un électrodynamique vaincra l'inertie inhérente à la masse de son équipement mobile. D'où décalage temporel sur le front d'ondes d'attaque entre les deux voies particulièrement sensibles au plan perceptif. Par ailleurs, sur de fortes modulations, la membrane d'un statique travaillant, répétons-le, en flexion, aura tendance à limiter son excursion de par les limites de sa

compliance. L'électrodynamique au contraire aura tendance à perdre son contrôle du fait que la bobine mobile sortant du champ sera moins bien tenue.

La solution retenue par Martin Logan, qui s'avère particulièrement réussie au plan subjectif, fait appel à un boomer de 30 cm très rapide, équipé d'un sérieux moteur. Sa membrane en fibres de cellulose pressées comporte de nombreuses corrugations, un cache-noyau de dimensions conséquentes vient parfaire sa rigidité. Le type de charge retenue, suspension acoustique close très amortie, se révèle particulièrement adapté en assurant un contrôle très serré de la membrane, essentiel à l'obtention d'un mariage réussi avec un électrostatique.

## Le filtrage

La Monolith III autorise plusieurs types de filtrage. En pas-

sif, avec la version III p du filtre, laquelle hormis la solution classique est prévue pour le bi-câblage ou une bi-amplification passive. En actif, avec la version III x, c'est la solution retenue pour nos écoutes.

La fréquence de coupure est fixée à 125 Hz. Les pentes de coupure diffèrent entre version passive et active sur la section passe-haut, elles sont respectivement de 12 dB/octave et de 18 dB/octave. Le passe-bas, lui, est dans les deux cas à 12 dB/octave.

La structure du schéma du filtre actif fait appel à des solutions qui ont fait leurs preuves, les cellules de filtrage sont passives, isolées entre elles par des buffers à J-Fets.

Tous les circuits actifs sont à structure complémentaire et travaillent en classe A pour assurer une linéarité optimale. Les alimentations sont régulées et réalisées en composants discrets. La fabrication est particulièrement soignée ainsi que le choix des composants. Le filtre actif incorpore un système de contrôle d'acoustique de pièce pour s'affranchir de résonances marquées dans l'extrême-grave (de 30 Hz à 50 Hz par secteurs de 5 Hz, de -4 dB à +4 dB par bonds de 2 dB).

Notons enfin qu'une série de switches en face arrière permet 18 niveaux relatifs du grave par rapport au médium-aigu, cela entre -6 dB et +6 dB.

## Ecoute

### Gérard Chrétien

Le positionnement dans la salle d'écoute de ce type de transducteur fonctionnant en dipôle requiert une attention toute particulière, surtout vis-à-vis du mur arrière. Le manuel d'utilisation fourni avec les enceintes aborde ce point avec beaucoup de détails, de manière très expli-



cite, ce qui est rarement le cas, il faut le souligner. Il n'y a pas de recettes miracles, simplement un peu de méthode pour se fixer des points de repère et un peu de patience. A noter cependant que la forme curviligne du diaphragme paraît simplifier considérablement les choses, l'onde arrière plus diffuse est réfléchiée par le mur arrière selon une multitude d'angles, évitant ainsi la création d'images virtuelles précises altérant l'image sonore.

D'emblée, la Monolith III séduit par son homogénéité. La balance tonale est remarquable. Le raccord entre les deux voies, de technologies différentes, est superbement réussi.

La transcription allie définition et aisance, les timbres sont riches et jamais vulgaires. Sur des messages complexes, la Monolith III s'en sort avec une rare élégance, pas de confusion, de haut-médium projeté, d'intermodulation...

L'image sonore remplit la pièce avec une belle profondeur et une grande ponctualité. C'est un point à souligner car la plupart des panneaux ont une fâcheuse tendance à élargir la scène sonore. Les voix, les cuivres prennent bien souvent des tailles qui n'ont rien à voir avec la réalité. La forme curviligne n'est certainement pas étrangère à ce comportement.

Nous avons été surpris de constater que la Monolith III n'est en aucun point entachée des limitations habituellement attribuées aux statiques. Qu'il s'agisse de la tenue en puissance ou de la dynamique, à aucun moment nous n'avons noté de tendance à l'amorçage. De l'image qui, comme nous l'avons vu, est précise et ponctuelle ou encore de certains sons manquant de matière dans l'aigu en particulier. Tout cela avec les avantages incontestables inhérents à ce principe, principalement aux niveaux de la finesse et de la délicatesse.

Nous ajouterons que les choix technologiques retenus pour la réalisation offrent de solides garanties quant à la fiabilité et à la tenue des performances dans le temps. Le procédé de vaporisation sous vide de la membrane se faisant à un niveau atomique, il n'y a pas de dégradations pernicieuses à craindre face à l'humidité et aux agents corrosifs de l'air. L'isolation en Delrin des armatures prévient tout risque d'amorçage ; quant aux poussières, sachez qu'un coup d'aspirateur occasionnel fera l'affaire...

Une réalisation en tous points remarquable qui prouve, si besoin était, que les limitations semblant propres au principe même du statique, ne sont pas incontournables.

#### Jean Hiraga

Ce n'est pas la première fois que l'on tente d'associer un haut-parleur grave électrodynamique à un ESL pour en combler les petites déficiences dans ce registre. Autant dire que le mariage de ces deux principes ferait penser à celui d'un loup et d'un phoque. Comment associer des haut-parleurs aux personnalités sonores aussi différentes ? Il suffit simplement d'appliquer les mêmes principes que ceux qui ont présidé à l'élaboration de la Monolith III. Le principal n'est-il pas le résultat ? En passant du bas-médium au grave, puis au sous-grave, la transition s'effectue en douceur, sans que l'on ressente de traînage, de lourdeur ou de perte brutale de définition. La section électrostatique est, à elle seule, un système de reproduction large bande dont les déficiences dans le grave ne semblent concerner ni la distorsion ni la coloration mais seulement le niveau acoustique du sous-grave. La courbe de réponse subjective, très droite et étendue, l'absence de coloration, la grande tenue en puissance sont les trois atouts principaux de ce

système qui mérite largement les Muses d'Or de L'Audiophile. La forme curviligne des panneaux est certes très avantageuse vis-à-vis du critère de directivité sur le plan latéral. Mais il semblerait que ce ne soit pas le seul avantage. En effet, l'onde arrière, qui représente 50 % de l'énergie acoustique totale émise par le panneau, frappe le mur arrière sous plusieurs incidences, ce qui procure un effet de dispersion bénéfique et évite les phénomènes connus d'images fantômes et de sons temporellement dédoublés. Des trois points forts énoncés ci-dessus découlent des résultats évidents et surprenants : plus d'impression de cymbales « fines comme du papier à cigarette », plus d'impression de piano aux parois en polystyrène expansé. Les timbres, les sons sont tous à leurs places et sont transcrits avec des contours nets, de l'assise, de l'impact et de la délicatesse. Pour une fois, on peut écouter des programmes musicaux dont la dynamique débordante signait l'arrêt de mort des vieux ESL. On réunit, en somme, les avantages des électrostatiques et des électrodynamiques mais sans leurs défauts. Que peut-on souhaiter de mieux, sinon un prix plus abordable ?

#### Patrick Vercher

Au cours des dernières manifestations de Mars, nous sommes véritablement tombés en arrêt devant les Martin Logan Monolith III. En effet, malgré des conditions acoustiques peu favorables, les Monolith III ont pu nous donner un aperçu de leur exceptionnelle transparence, de leur homogénéité de timbre de l'extrême-grave à l'extrême-aigu avec une réponse transitoire fulgurante et une parfaite cohérence de phase. Aussi, voulant en savoir plus, nous avons demandé à l'importateur de nous



les livrer dans notre local d'écoute habituel, pour pousser l'analyse beaucoup plus loin. Nous avons été tellement enthousiasmés par ce système qui tranche très nettement par rapport à d'autres ensembles hybrides ou électrostatiques large bande, que nous avons beaucoup penché en sa faveur pour que lui soient décernées les Muses d'Or. En effet pour la première fois l'extrême-grave reproduit par un haut-parleur électrodynamique descend avec fermeté, mais n'apparaît pas lourd dans la zone de recouvrement avec le grand panneau électrostatique curviligne, là où sur les autres systèmes hybrides on assiste le plus souvent à une coupure très nette des instruments en deux sans aucune continuité dans l'unité des timbres. De plus, l'une des critiques souvent soulevées à propos des électrostatiques qui ont une capacité dynamique assez réduite devient caduque avec les Monolith III.

Avec des électroniques qui suivent, les Monolith III sont non seulement capables d'un niveau sonore proche de la réalité, mais aussi de passer les hyper-crêtes sans avoir un sentiment de tassement ni la peur que la membrane flashe ou cette coloration de mylar froissé ou de porte de garage métallique que l'on ferme derrière soi. Fini de dire que l'électrostatique c'est très bien pour la musique de chambre, mais ne passe pas le Hard Rock, avec les Martin Logan, vous serez enchanté par la délicatesse des timbres des instruments à cordes et remué de manière physique par les assauts d'un ampli Marshal. Le respect des timbres est étonnant, on redécouvre la véritable hauteur de certaines voix, sans halo parasite, sans effet d'aboïement, sans caractère coincé et pinché. A ce sujet, il faudra faire très attention aux réglages du filtre répartiteur extrêmement bien conçu qui permettent d'équilibrer à la

perfection le niveau du transducteur grave par rapport à la cellule électrostatique en fonction des caractéristiques acoustiques du local d'écoute. En effet, derrière ce filtre figure toute une série de petits basculeurs afin d'ajuster à 0,25 dB près le niveau apparent du grave. En façade, on trouve deux réglages très intéressants pour éviter d'exciter certaines résonances du local d'écoute à des fréquences bien déterminées, ou inversement rajouter du niveau selon l'esthétique sonore que l'on désire. Autre point fort de ce grand système, l'excellente stabilité de l'image stéréo avec une bonne focalisation une fois que l'on a bien soigné l'orientation des panneaux par rapport à la zone d'écoute ainsi que leur distance vis-à-vis du mur arrière. La Monolith III est un grand système dont on découvre avec émerveillement le naturel au fur et à mesure des heures passées en sa compagnie sans aucun sentiment de frustration.

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**



**Page non  
disponible**



## LA CONTRE-REACTION : UNE THEORIE MOINS... THEORIQUE

**L**

*La théorie de la contre-réaction est bien connue ; elle est très simple et fait partie de la base de tous les cours d'électronique. Nous avons à plusieurs reprises dénoncé le simplisme de la théorie habituelle qui ne sait pas expliquer certaines constatations subjectives des audiophiles, beaucoup de contre-réaction devant conduire à plus de linéarité aboutissant souvent à de piètres performances subjectives. La parution de nouvelles réflexions théoriques sur ce sujet (dont l'une avec confirmation expérimentale) nous a conduits à nous pencher une nouvelle fois sur la théorie de la contre-réaction et à proposer une approche plus satisfaisante et plus conforme à l'expérience des audiophiles. C'est pour nous l'occasion de faire le point sur ce sujet si souvent mal traité.*

La science cherche à comprendre le monde qui nous entoure ; pour cela elle nous propose des modèles simples qui nous permettent d'en appréhender la complexité. Ces modèles peuvent être plus ou moins proches de la réalité mais ils ne sont pas la réalité elle-même. Par exemple, la physique de Newton n'est pas la réalité, et il ne faut pas se demander si elle est vraie ou si elle est fausse. Dans un grand domaine, elle rend compte de la réalité avec une si grande précision qu'elle est suffisante à défaut d'être « vraie ». Mais dans un autre domaine, elle

s'écarte trop de la réalité et il faut faire intervenir la théorie de la relativité qui est plus complexe mais qui est plus conforme à la réalité dans un domaine plus grand.

Les limites des domaines de validité des modèles théoriques sont, en général, vite oubliées et beaucoup ont tendance à confondre la théorie et le monde réel. Remettre en cause un modèle théorique dont on n'est pas satisfait est une démarche naturelle de l'attitude scientifique et une source de progrès. Pourtant, cela est souvent senti comme un blasphème con-

tre la nouvelle religion qu'est devenue la science et c'est parfois le renouvellement des générations qui permet à une nouvelle théorie de s'imposer.

La science est un moyen et non un but ; elle est loin d'être infail-  
lible. La théorie reste toujours soumise à la réalité et au jugement de l'expérimentation. Les récents événements des pays de l'Europe de l'est ont montré les limites d'un socialisme qui se voulait scientifique et dont la théorie n'a pas résisté à une expérimentation qui a tourné au désastre.

Ainsi, il nous semble que la théorie classique de la contre-réaction qui s'applique avec beaucoup de bonheur dans de nombreux cas, n'est pas satisfaisante dans la recherche d'une qualité extrême dans le domaine de l'audio. Cela ne veut pas dire, bien sûr, que cette théorie est « fausse » et qu'elle n'est applicable nulle part. De même, les succès de cette théorie dans d'autres domaines ne sauraient interdire sa remise en cause dans le domaine de l'audio extrême.

Dans notre exposé d'aujourd'hui, nous verrons la théorie classique et les grands pouvoirs qu'elle prête à la contre-réaction. Ensuite, après une présentation des deux articles à l'origine de notre réflexion, nous vous présenterons une nouvelle approche théorique de la contre-réaction qui met en lumière ses limitations. Enfin, nous tenterons d'en trouver application pour notre amplificateur.

## La théorie classique de la contre-réaction

Commençons par la théorie la plus simple, elle entre dans un cadre qui dépasse l'électronique : celui des systèmes asservis. La figure n° 1 nous montre le schéma de base d'un tel système ; il se compose de trois éléments : un élément qui fait la différence entre une grandeur d'entrée et une grandeur interne, un élément amplificateur qui amplifie le signal d'erreur fourni par le différentiel et d'un réseau de contre-réaction qui apporte au signal de sortie une correction (en général une atténuation) pour alimenter le différentiel.

L'amplificateur apporte un grand gain ; on appelle  $A$  le rapport entre le signal de sortie ( $V_{out}$  ici) et le signal d'entrée ( $v$ ).

$$V_{out} = A.v$$

$A$  peut être extrêmement variable et dépendre de nombreux paramètres, la seule exigence est qu'il soit grand.

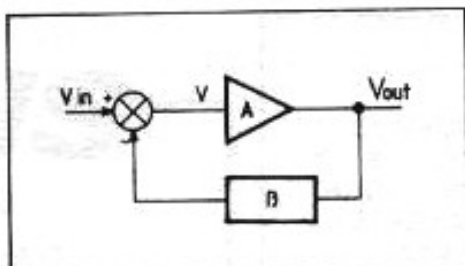


Fig. 1 : Schéma de base des systèmes asservis.

Le signal d'entrée de l'amplificateur est le signal de sortie du différentiel d'entrée, sa valeur est définie par :

$$v = v_{in} - \beta.V_{out}$$

En éliminant  $v$  entre ces deux équations, on obtient aisément :

$$V_{out} = \frac{A}{1 + \beta.A} v_{in}$$

qui peut aussi s'écrire :

$$V_{out} = \frac{1}{\beta} v_{in} \frac{1}{1 + \frac{1}{\beta.A}}$$

Si  $A$  est très grand et si  $\beta$  n'est pas trop petit (si l'atténuation du réseau de contre-réaction n'est pas trop importante), leur produit est plus grand que 1 et l'inverse de ce produit est négligeable devant 1 ; nous avons alors :

$$V_{out} = \frac{1}{\beta} v_{in}$$

Nous avons obtenu un résultat prodigieux :  $A$  n'intervient plus dans la fonction de transfert du système (à la seule condition d'être très grand) qui est aussi linéaire que le réseau de contre-réaction. Celui-ci, en étant réalisé à partir de composants passifs, peut être extrêmement linéaire.

Cette théorie est très simple et très séduisante, elle correspond à un progrès fantastique et elle a trouvé de nombreuses applications dans un très grand domaine, mais nous verrons plus loin qu'elle est trop simple dans certains cas.

## Application à un amplificateur inverseur

Voyons maintenant l'application de la contre-réaction aux circuits électroniques amplificateurs linéaires ; commençons par le circuit de la figure n° 2, un amplificateur rebouclé en configuration inverseuse.

Le réseau de contre-réaction et le circuit différentiel sont obtenus par un circuit très simple :  $R_1$  et  $R_2$ .

Nous avons vu plus haut qu'on ne demandait à l'amplificateur que d'avoir un gain très important ; soyons ici plus rigoureux et définissons sa fonction de transfert :

$$V_{out} = F(v)$$

Si cette fonction est continûment dérivable, nous pouvons utiliser le polynôme de Taylor pour la définir :

$$V_{out} = F(v) =$$

$$F(0) + vF'(0) + \frac{1}{2}v^2F''(0) + \dots$$

$F(0)$  représente la valeur de la tension de sortie de l'amplificateur quand l'entrée est à 0 :

$$F(0) = V_0$$

$F'(0)$  représente la pente à l'origine, c'est donc le gain de l'amplificateur. Sa valeur est négative puisque nous sommes sur une entrée négative :

$$F'(0) = -A$$

Nous pouvons donc écrire :

$$V_{out} = V_0 - Av_- + D(v)$$

$D(v)$  représente les écarts de linéarité de la fonction de transfert de l'amplificateur en boucle ouverte.

D'autre part, si nous supposons que l'impédance d'entrée de l'amplificateur est infinie, nous pouvons écrire :

$$\frac{v_{in} - v_-}{R_1} = \frac{v_- - v_{out}}{R_2}$$



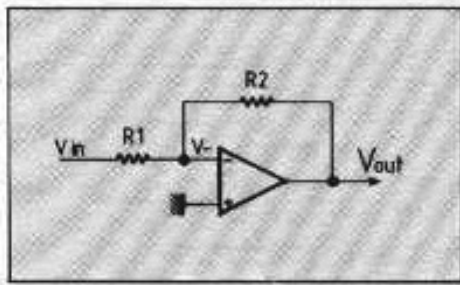


Fig. 2 : Configuration amplificateur inverseur.

En posant :

$$\beta = \frac{R_1}{R_2}$$

nous trouvons :

$$v_- = \frac{v_{in} + \beta V_{out}}{1 + \beta}$$

En utilisant cette valeur dans la fonction de transfert de l'amplificateur et en recherchant la valeur de la tension de sortie, nous trouvons :

$$V_{out} = \frac{1 + \beta}{1 + \beta + \beta A} V_0 - \frac{A}{1 + \beta + \beta A} v_{in} + \frac{1 + \beta}{1 + \beta + \beta A} D(v_-)$$

Si on tient compte de la faible valeur de  $\beta$  devant 1 et de la grande valeur de  $\beta.A$  devant 1, on peut simplifier cette expression et obtenir :

$$V_{out} \approx \frac{V_0}{A\beta} - \frac{1}{\beta} v_{in} + \frac{D}{A}$$

Habituellement, on appelle tension d'offset ( $v_{of}$ )  $V_0$  divisé par le gain en boucle ouverte  $A$  et on obtient la formule bien connue :

$$V_{out} = \frac{1}{\beta} v_{of} - \frac{1}{\beta} v_{in} + \frac{D}{A\beta}$$

d'où on déduit que la tension d'offset est amplifiée avec le même gain que le signal (mais en audio on ne se préoccupe pas trop des signaux continus) et que la distorsion a été divisée par le gain de boucle  $\beta A$ . Donc pour obtenir des circuits très linéaires, il faut avoir un gain de boucle élevé, c'est-à-dire rechercher les

gains en boucle ouverte les plus élevés possibles. C'est sur les bases de cette théorie que la recherche d'une très grande linéarité en audio a conduit, il y a quelques années, les concepteurs d'amplificateurs audio à maximiser à tout prix le gain en boucle ouverte des amplificateurs, la seule limite dans cette course à la contre-réaction devant être des considérations dynamiques de stabilité de boucle que nous n'aborderons pas dans cet exposé.

### Application à l'amplificateur non-inverseur

Le cas de l'amplificateur non-inverseur (voir la figure n° 3) peut être traité de façon similaire ; la fonction de transfert est :

$$V_{out} = V_0 + A.(v_+ - v_-) + D$$

$V_0$  est toujours la tension de sortie, quand le signal d'entrée est nul et  $D$  est la distorsion.

Cette fois-ci,  $\beta$  vaut  $\frac{R_1}{R_1 + R_2}$ .

On trouve dans ce cas :

$$V_{out} = \frac{V_0}{1 + \beta.A} + \frac{A}{1 + \beta.A} v_{in} + \frac{D}{1 + \beta.A}$$

Cette formule est très proche de celle trouvée pour l'amplifica-

teur inverseur (le gain est bien sûr, de signe opposé) et se prête aux mêmes simplifications :

$$V_{out} = \frac{1}{\beta} v_{of} + \frac{1}{\beta} v_{in} + \frac{D}{\beta A}$$

Pour les problèmes d'offset et de distorsion, on retrouve les mêmes conclusions que pour l'amplificateur inverseur. Dans le domaine audio, on utilise indifféremment l'une ou l'autre de ces configurations. National Semiconductors a édité un excellent « Audio/Radio Handbook », dans le chapitre consacré aux préamplificateurs, parmi beaucoup de remarques très pertinentes sur différents sujets, une comparaison est faite entre amplificateurs inverseur et non-inverseur : elle résume bien (voir la figure n° 4) la théorie classique.

Il est rare de voir dans les revues qui se disent sérieuses, la théorie classique de la contre-réaction remise en cause, c'est

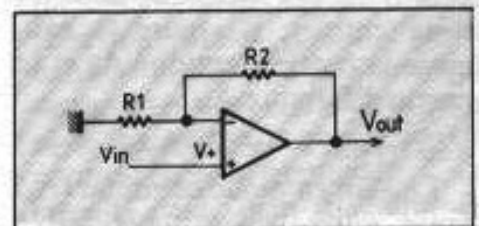


Fig. 3 : Configuration amplificateur non-inverseur.

Type d'ampli	Impédance d'entrée	Impédance de sortie	Distorsion harmonique	Gain en bruit	Bande passante (boucle fermée)
non-inverseur	$(1 + T)R_{in}$	$\frac{R_0}{1 + T}$	$\frac{THD}{1 + T}$	$A_{VCL}$	$\frac{GBW}{A_{VCL}}$
Inverseur	$\frac{R_f}{T}$	$\frac{R_0}{1 + T}$	$\frac{THD}{1 + T}$	$A_{VCL} + 1$	$\frac{GBW}{A_{VCL} + 1}$

$A_{VCL}$  = gain en boucle fermée  
 $GBW$  = produit gain bande passante = fréquence au gain unité  
 $R_f$  = résistance de contre-réaction  
 $R_{in}$  = impédance d'entrée en boucle ouverte de l'entrée différentielle  
 $R_0$  = impédance de sortie en boucle ouverte  
 $T$  = gain de boucle  
 $THD$  = distorsion harmonique totale en boucle ouverte

Fig. 4 : Des conclusions rapides (doc. N.S.).

pourquoi, j'ai été très surpris de découvrir récemment deux articles dans lesquels une autre approche théorique est proposée.

## Première remise en cause

I. Brown a publié deux articles consacrés à un amplificateur de puissance : « Feedback and fets in audio power amplifiers » dans *Electronics & Wirelessword* de février 1989 et « Audio power, fets and feedback » dans *Electronics World & Wirelessworld* d'avril 1990. Le design qu'il propose ne m'a guère convaincu, mais dans son second article, il fait une analyse intéressante de l'action de la contre-réaction dans un amplificateur non-inverseur.

Il remplace la formule :

$$V_{out} = A(v_+ - v_-)$$

par une formule dans laquelle le gain n'est pas identique pour les deux entrées, il sépare le gain entre la partie identique  $A_d$  et la partie différente  $A_c$  :

$$V_{out} = A_d(v_+ - v_-) + A_c(v_+ + v_-)$$

Le gain en mode commun ( $A_c$ ) étant normalement plus faible que le gain différentiel ( $A_d$ ), il appelle  $k$  leur rapport :

$$A_c = k \cdot A_d, \quad k \ll 1$$

Après avoir calculé la fonction de transfert de l'amplificateur rebouclé, il la compare à la fonction de transfert en boucle ouverte.

En boucle ouverte, il trouve :

$$V_{out} = v_{in} A_d (1 + k)$$

En boucle fermée, il trouve :

$$V_{out} = \frac{A_d (1 + k)}{1 + A_d \beta (1 - k)} v_{in}$$

qui, après les simplifications liées à la forte valeur de  $A_d$ , devient :

$$V_{out} = v_{in} \frac{1 + k}{\beta (1 - k)}$$

$k$  étant petit, on obtient finalement :

$$V_{out} = v_{in} \frac{1 + 2k}{\beta}$$

L'auteur en déduit alors que la contre-réaction ne réduit pas les non-linéarités dues à  $k$  mais qu'en revanche elle les double. Mais, après avoir obtenu ce résultat très intéressant, il ne semble pas en tenir compte dans la conception de son amplificateur qui est utilisé dans la configuration non-inverseur.

## Seconde remise en cause

Elle est publiée dans la très sérieuse revue « *IEEE Journal of Solid-State Circuits* » de décembre 1989 (vol. 24 n° 6) par F. Op't Eynde, P. Wambacq et W. Sansen qui travaillent au Département d'Electronique de université catholique de Louvain, sous le titre « On the Relationship Between the CMRR or PSRR and the Second Harmonic Distortion of Differential Input Amplifiers ».

Les auteurs partent du fait qu'un circuit différentiel introduit, contrairement à la théorie, de l'harmonique 2 par suite du déséquilibre entre les deux transistors et analysent son fonctionnement en le traitant comme un circuit non-linéaire à deux entrées. Comme ils aboutissent à des calculs extrêmement complexes, ils se limitent à l'analyse de l'harmonique 2.

Leurs calculs sont corroborés par une expérimentation faite avec le circuit de la figure n° 5. La distorsion par harmonique 2 a été mesurée pour les trois configurations de la figure n° 6. Malgré le (ou peut-être à cause du) taux de contre-réaction très important, le circuit b présente pour le niveau de test (500 mV) 30 dB de distorsion supplémentaire par rapport au circuit a ; le circuit c est encore plus mauvais : 45 dB de distorsion en plus par rapport au circuit a.

Le mauvais résultat du circuit c ne surprendra pas les audiophi-

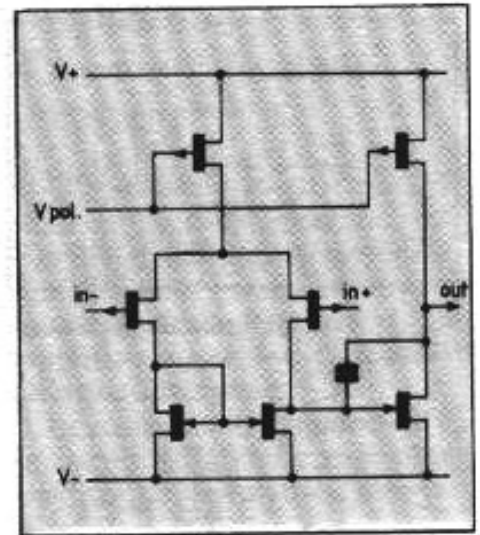


Fig. 5 : Amplificateur de test.

les qui ont toujours dénoncé l'influence des alimentations, mais je ne crois pas les avoir déjà entendu faire une différence entre les deux configurations de contre-réaction.

Quoi qu'il en soit, je suis très heureux que des remises en cause des propriétés (souvent considé-

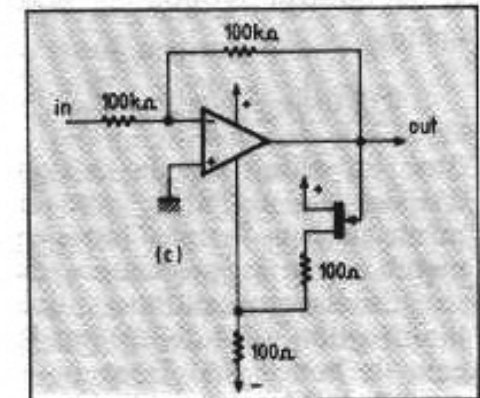
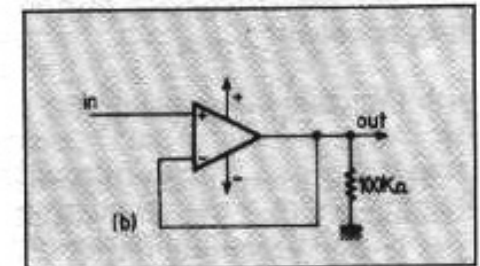
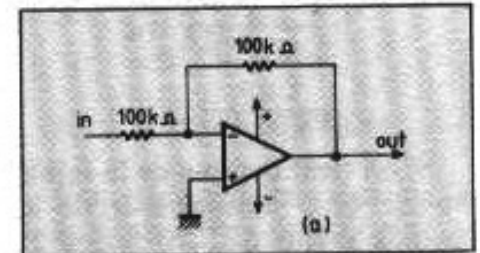


Fig. 6 : Les configurations de mesure de l'amplificateur de test.



rées comme magiques) de la contre-réaction commencent à être publiées dans des revues qui ne sentent pas le soufre comme celle que vous avez entre les mains en ce moment ! Nous allons voir maintenant une théorie, que je pense plus rigoureuse que la théorie classique tout en restant simple, permet de mieux maîtriser la contre-réaction dans le domaine de l'audio extrême.

## Une nouvelle théorie

### Cas de l'amplificateur inverseur

Cet exposé concernant l'amplificateur inverseur ne sera pas nouveau pour ceux qui lisent régulièrement mes articles, puisqu'il reprend des idées que j'ai déjà exposées. On peut faire de nombreuses critiques à l'exposé de la théorie classique que nous avons vu plus haut pour la configuration inverseuse.

Première critique : nous avons émis l'hypothèse que l'impédance d'entrée était infinie. Ce n'est jamais absolument le cas, surtout pour des transistors. Mais si cette impédance d'entrée reste linéaire, il y a bien dans la réalité une petite modification du taux de contre-réaction mais pas de remise en cause de la théorie.

En revanche, si cette impédance d'entrée n'est pas absolument linéaire, cette source de non-linéarité est à ajouter aux non-linéarités de la fonction de transfert. Il faut utiliser la fonction de transfert de l'amplificateur attaqué par une impédance équivalente à celle du réseau de contre-réaction.

Seconde critique ; elle est plus grave : dans l'équation qui définit la fonction de transfert, nous avons implicitement admis que cette fonction de transfert était fixe, autrement dit que la tension de sortie ne dépendait que de la tension d'entrée ; or, la tension de sortie et la fonction de transfert peuvent évoluer par suite de

dérives continues (dérive des composants, essentiellement échauffement des transistors) ou de variations des tensions d'alimentation.

Dans la fonction de transfert obtenue pour l'amplificateur rebouclé, nous n'avons eu que dédain pour l'offset ; la bande audio exclut le continu. Mais si cette tension d'offset contient des signaux dans la bande audio, pouvons-nous continuer à la traiter par le mépris ?

Enfin, troisième critique : la fonction de transfert de l'amplificateur rebouclé inclut la distorsion  $D$  divisée par le gain de boucle  $A$ . Tant mieux si cette distorsion est divisée par le gain de boucle, mais elle est exprimée en fonction d'un paramètre interne à la boucle :  $v_-$ . Dans une formule censée relier  $v_{in}$  et  $V_{out}$ , cela me gêne beaucoup.

Il me semble plus sain de travailler avec l'inverse de la fonction de transfert :

$$v = f(V_{out})$$

Nous pouvons faire subir à cette fonction le même traitement mathématique qu'à son inverse (nous supposons qu'elle aussi, est monotone) et obtenir :

$$v = v_0 - \frac{1}{A}V_{out} + d(V_{out})$$

Comme

$$v = v_- = \frac{v_{in} + \beta V_{out}}{1 + \beta}$$

on trouve aisément :

$$v_{in} = v_0(1 + \beta) - \frac{1 + \beta + A\beta}{A}V_{out} + d(V_{out})$$

Cette formule n'est pas fondamentalement différente de celle que nous avons trouvée plus haut : le rapport entre  $V_{out}$  et  $v_{in}$  est le même (c'est le contraire qui aurait été choquant). Mais sa présentation est radicalement différente et ne permet pas les mêmes interprétations délirantes que la formulation traditionnelle. Sous sa forme simplifiée

$$v_{in} = v_0 - \beta V_{out} + d(V_{out})$$

elle permet de voir le grand résultat obtenu avec l'usage de la contre-réaction : la réduction du gain, tout en maintenant inchangés l'offset d'entrée et la distorsion d'entrée ! Bien sûr, cette formulation est volontairement provocante mais elle est nécessaire pour laver les esprits des erreurs qui y traînent au sujet de la contre-réaction. En fait, la contre-réaction permet bien d'obtenir des circuits plus linéaires, mais la linéarité qu'il est possible d'obtenir avec la contre-réaction se détermine par la conception des circuits avant l'application de la contre-réaction. Il est absurde de dire « faisons n'importe quoi, la contre-réaction arrangera tout ».

De même, le débat entre partisans de beaucoup de contre-réaction appliquée à un circuit peu linéaire (la linéarité y a été sacrifiée au profit du gain) et peu de contre-réaction appliquée à un circuit assez linéaire est un mauvais débat pour l'audio extrême ; j'ai déjà eu l'occasion de montrer mon choix pour trancher ce débat : beaucoup de contre-réaction appliquée à un circuit déjà bien linéaire, je refuse de choisir entre contre-réactions locales et contre-réaction globale, je veux tout !

Pour clore cet exposé sur l'amplificateur inverseur, je renverrai à la figure n° 7 qui représente l'action de la contre-réaction sous une forme graphique qui me plaît beaucoup parce qu'elle visualise bien et le gain de linéarité apporté par la contre-réaction, et les limites de son action.

### Cas de l'amplificateur non-inverseur

C'est ici que notre réflexion a progressé à la suite de la lecture des deux articles précédents. Le cas de l'amplificateur non-inverseur est plus complexe à traiter : il faut faire intervenir



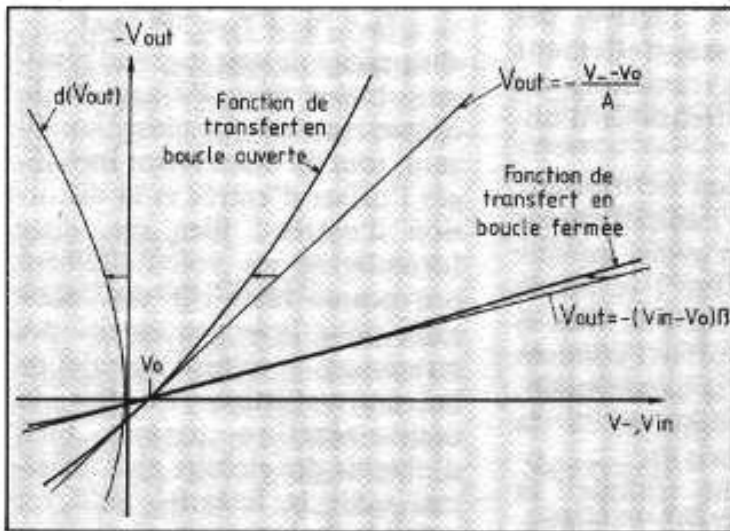


Fig. 7 : L'action de la contre-réaction sur la fonction de transfert.

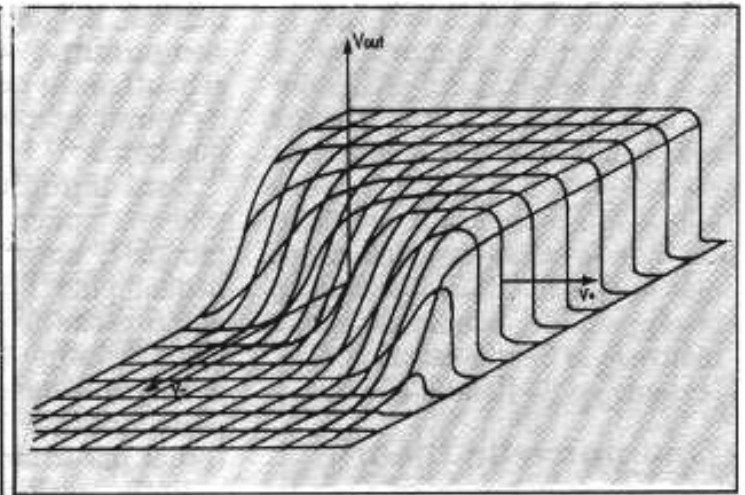


Fig. 8 : La fonction de transfert d'un amplificateur différentiel.

une fonction de transfert à deux entrées :

$$V_{out} = F(v_{+}, v_{-})$$

La figure n° 8 nous montre ce que peut être une telle fonction de transfert. Mais elle est très optimiste et représente une belle fonction de transfert, le seul accident que nous avons représenté est la limitation de mode commun. La figure n° 9 nous montre les résultats de mesures de linéarité faites par un constructeur sur un amplificateur opérationnel intégré, je n'ose imaginer la surface correspondant à sa fonction de transfert ; mais il s'agit d'un cas extrême inverse, probablement un circuit de conception ancienne où la linéarité était sacrifiée sur l'autel du gain.

Pour analyser théoriquement l'action de la contre-réaction, on peut décomposer la fonction de transfert en utilisant le plan tangent à la surface de la fonction de transfert (voir la figure n° 10) et écrire :

$$V_{out} = V_0 + A_{+} \cdot v_{+} - A_{-} \cdot v_{-} + D(v_{+}, v_{-})$$

Cela nous permet d'obtenir la fonction de transfert de l'amplificateur rebouclé :

$$V_{out} = \frac{V_0}{1 + \beta A_{-}} + \frac{A_{+}}{1 + \beta A_{-}} v_{in} + \frac{D}{1 + \beta A_{-}}$$

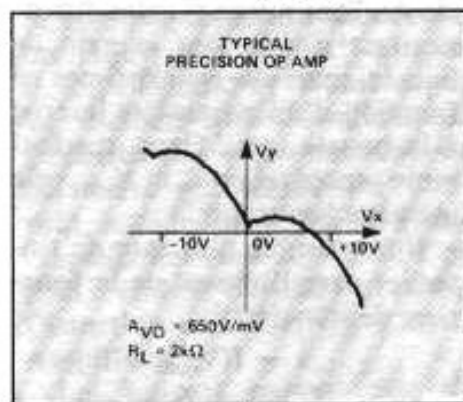


Fig. 9 : Une linéarité discutable (doc. P.M.I.).

qu'on se dépêchera de simplifier en :

$$V_{out} = \frac{V_0}{\beta A_{-}} + \frac{1}{\beta} \frac{A_{+}}{A_{-}} v_{in} + \frac{D}{\beta A_{-}}$$

Mais cette formulation, qui laisse à penser que le gain obtenu n'est pas tout à fait le gain prévu, alors que la distorsion est toujours divisée par le gain de boucle, ne me plaît pas du tout.

Je préfère l'approche suivante : pour  $v_{in}$  fixe, nous avons affaire à un amplificateur monté en inverseur qui amplifie une tension nulle :

$$V_{out} = V_0(v_{in}) - A(v_{in})v_{-} + D(v_{in}, v_{-})$$

ou encore :

$$v_{-} = \frac{V_0(v_{in})}{A(v_{in})} - \frac{1}{A(v_{in})} V_{out} + \frac{D(v_{in}, V_{out})}{A(v_{in})}$$

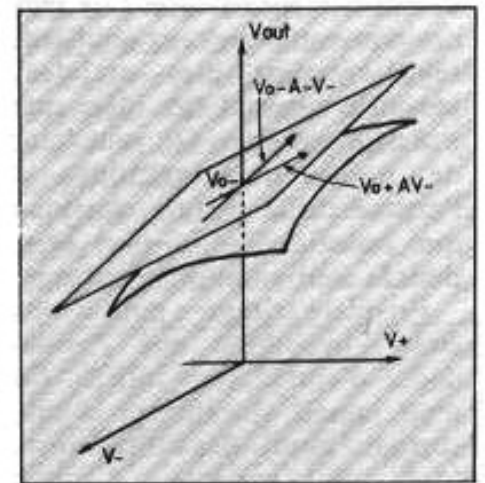


Fig. 10 : Décomposition d'une fonction de deux variables.

comme nous avons utilisé dans l'analyse de l'amplificateur inverseur. Cela nous conduit avec la boucle de contre-réaction à :

$$0 = v_0(v_{in}) - \beta \cdot V_{out} + d(v_{in}, V_{out})$$

puisque l'entrée est nulle. Cela nous donne la valeur de  $V_{out}$  :

$$V_{out} = \frac{v_0(v_{in})}{\beta} + \frac{d(v_{in}, V_{out})}{\beta}$$

Cela ne ressemble guère à une formule plus ou moins linéaire fonction de  $v_{in}$ . La figure n° 11 qui représente, pour un  $v_{in}$  donné, les fonctions de transfert en boucle ouverte et fermée, nous permet de mieux comprendre ce qui se passe :  $v_{in}$  introduit un offset (qui en général est voisin de la valeur de  $v_{in}$ , mais rien ne le garantit) et la tension de

sortie est voisine de cet offset multiplié par le gain imposé par le réseau de contre-réaction ; la différence est donnée par les non-linéarités de la fonction de transfert.

**Conclusion :** la contre-réaction n'intervient pas sur les non-linéarités liées à l'entrée positive de l'amplificateur. On me dira qu'un tel résultat était évident dès la figure n° 1 ; la boucle ne sait pas intervenir sur les erreurs introduites par le circuit qui fait la différence. Sur la figure n° 12, nous voyons bien que le système ne peut pas distinguer les erreurs du circuit qui fait la différence, du signal d'entrée.

## Application à l'audio extrême

Pour notre amplificateur, la conclusion est évidente : **il faut proscrire la configuration amplificateur non-inverseur.** Pour profiter des avantages de la contre-réaction, il faut un circuit parfait pour faire la différence entre le signal d'entrée et le signal rebouclé : la meilleure solution est d'utiliser un réseau passif comme dans la configuration inverseuse. Les contre-réactions locales peuvent difficilement utiliser un tel réseau pour être rebouclées : leur usage ne dispense pas d'une contre-réaction globale bien active, dans la configuration inverseuse évidemment !

Une rapide enquête m'a montré que la configuration non-inverseuse était largement utilisée en audio, la figure n° 13 en montre un exemple parmi tant d'autres.

Dans notre amplificateur, nous utilisons une configuration

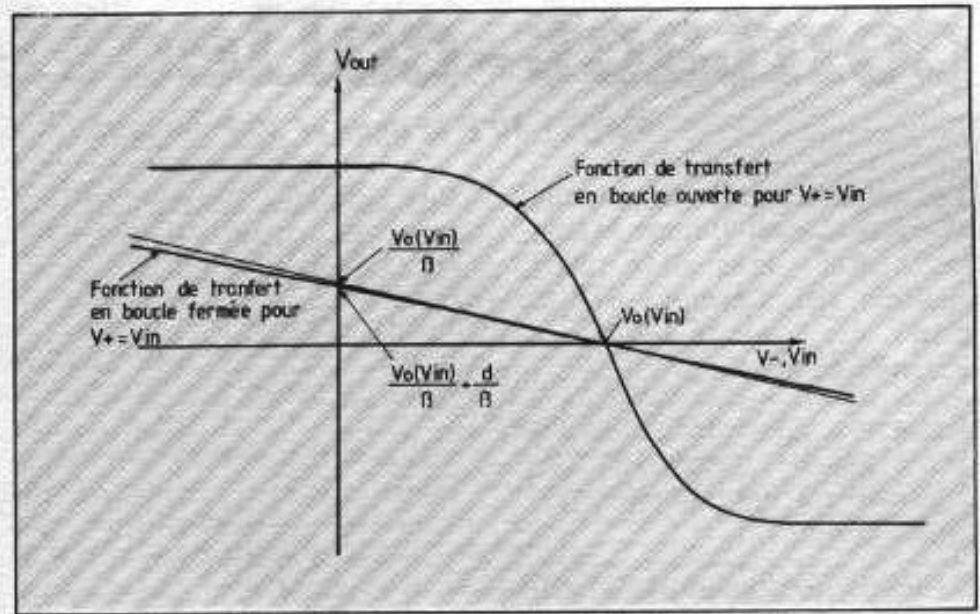


Fig. 11 : La fonction de transfert rebouclée dans la configuration non-inverseuse.

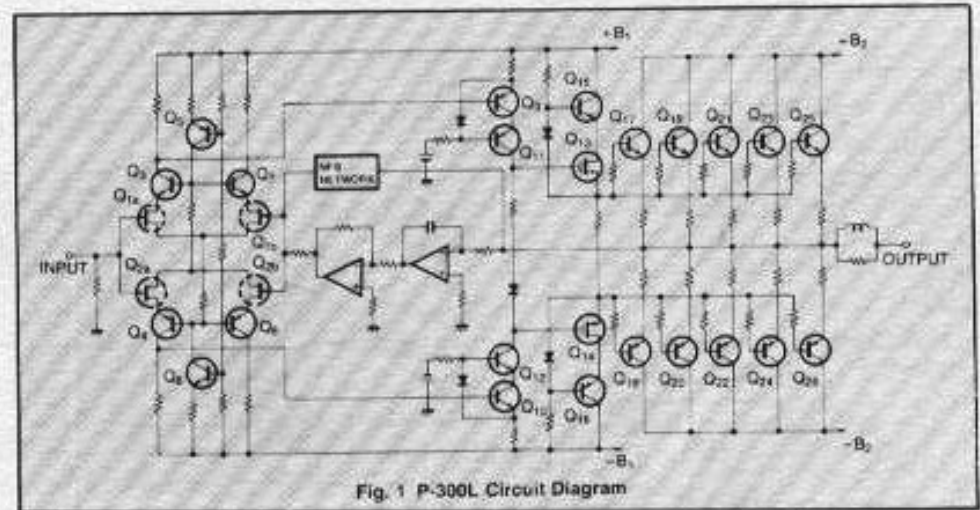


Fig. 1 P-300L Circuit Diagram

Fig. 13 : Un exemple d'amplificateur parmi tant d'autres (doc. Accuphase).

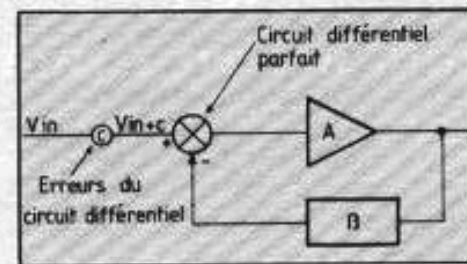


Fig. 12 : Les limites des systèmes asservis.

inverseuse pour la boucle de contre-réaction globale, mais nous verrons dans notre prochain exposé qui présentera le prototype de notre amplificateur, qu'à cause des problèmes de masse et d'impédance d'entrée, nous avons dû utiliser un peu de configuration non-inverseuse.

# ABONNEZ-VOUS A L'AUDIOPHILE

## HAUTE FIDELITE PLUS!

**Page non  
disponible**



**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**



**Page non  
disponible**

## ENCEINTES ACOUSTIQUES



*VOICI NOTRE PANORAMA 90*

*DES ENCEINTES ACOUSTIQUES.*

*IL EST INTERESSANT DE NOTER*

*QUE LES CINQ PRINCIPES DE TRANSDUCTION*

*ILLUSTRES CI-CONTRE SONT*

*ENCORE TOUS APPLIQUES AUJOURD'HUI !...*

*LES PROGRES TECHNOLOGIQUES DES MATERIAUX*

*EN PARTICULIER, LE SAVOIR-FAIRE ONT PERMIS*

*L'INCROYABLE EVOLUTION QUE L'ON CONNAIT.*

*PRECISONS QUE, COMME POUR CHACUN*

*DE NOS PANORAMAS, LE BUT N'EST PAS D'ETABLIR*

*UN COMPARATIF. POUR CHAQUE MODELE,*

*L'EQUIPE AYANT PARTICIPE A LA REDACTION*

*DE CE DOSSIER A TENU AVANT TOUT A DEFINIR*

*LE PROFIL ET L'ESTHETIQUE SONORE*

*DE CHACUNE DE CES ENCEINTES ACOUSTIQUES,*

*QUI ONT TOUTES ETE ECOUTEES.*



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

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

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

Marques	Pages	Marques	Pages
ACOUSTAT	90	KEF	98
ACOUSTIC		KLIPSCH	98
ENERGY	90	MAGNEPAN	98
AHL	90	MARTIN LOGAN	99
APOGEE	90	METRONOME	
ARCAM	91	TECHNOLOGIE	99
AUDIOSTATIC	91	MISSION	99
AUDIO REFERENCE	91	MORDAUNT-	
AUDIOSTYLE	91	SHORT	100
BW	92	MULIDINE	100
CABASSE	92	ONKYO	100
CELESTION	92	P.E. LEON	101
CHARIO	93	POINT SOURCE	101
CONFLUENCE	93	PRO-AC	101
CREATION		QUAD	101
ACOUSTIQUE		QUART	102
MICHEL MYTNIK	93	REHDEKO	102
DATM	94	REVOX	102
DAVIS	94	SELAC	102
DENON	94	SIA	103
DYNAUDIO	95	SONY	103
ELIPSON	95	STEREOLITH	103
EQUATION	95	SUPRAVOX	104
ESPACE	95	TANNOY	104
INFINITY	96	TECHNICS	105
JA GAUGLIN	96	TRIANGLE	105
JBL	96	VIETA	105
JLB MONITOR	97	VISION	
JM LAB	97	ACOUSTIQUE	105
JM REYNAUD	97	WILSON AUDIO	106



CHARIO  
HIPER X1



DENON  
SC 300

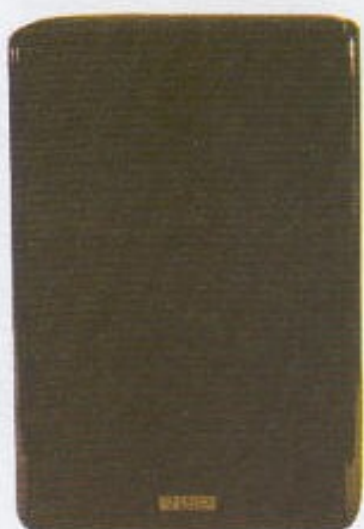


ACOUSTIC ENERGY  
AE 1

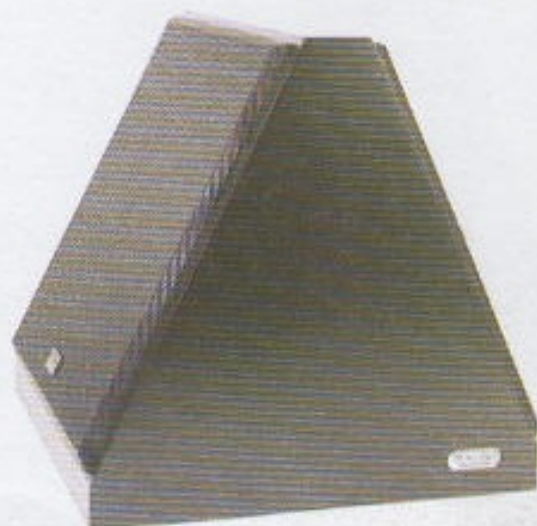


TECHNICS  
SST 1 + SST 35 HZ





AUDIOSTYLE  
PREMIUM PRESTIGE



STEREOLITH  
DUETTO



INFINITY  
MODULUS



BW  
SOLID



REVOX  
PICCOLO





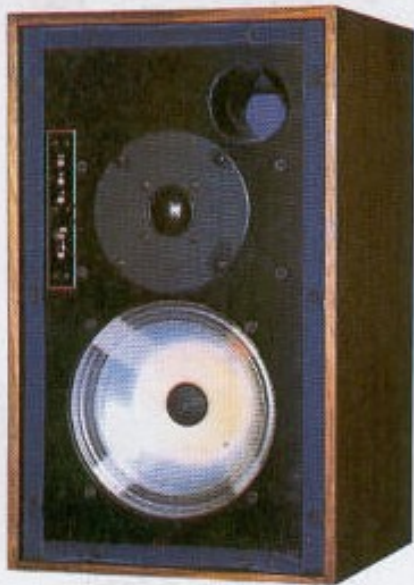
**METRONOME TECHNOLOGY  
M T-1**



**VIETA  
STUDIO 5**



**JA GAUGLIN  
KX 80 SL**



**ROGER  
LS 5/9**



**MORDAUNT-SHORT  
MS 3-30**



**ARCAM TWO**



**SUPRAVOX  
DANUBE**



**CABASSE  
CORVETTE M2**



**ETNA**





**PROAC  
RESPONSE TWO**



**POINT SOURCE  
ARIA FIVE**



**SONY  
APM-22 ES MKII**



**CONFLUENCE  
CANTILENE**



**SIA  
BC 100**



**ELIPSON  
GX-20**





**JM LAB  
708 OLYMP K2**



**ESPACE  
OCTOLONE PRECISION**



**DYNAUDIO  
CONTOUR II**



**VISION ACOUSTIQUE  
ALLIANCE**



**JBL  
XPL 160**



**AUDIO REFERENCE  
126 DC**





WILSON  
WATT + PUPPIES



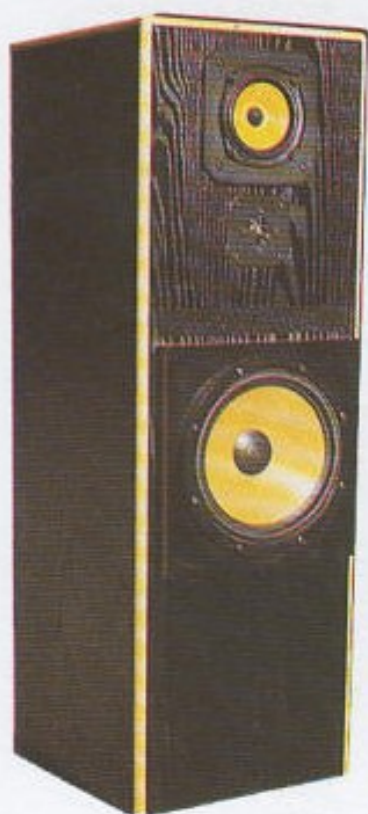
DATM  
HARMONIE



P.E. LEON  
QUATTRO



JM REYNAUD  
STUDIO 4



SELAC  
MG 108



MULIDINE  
ACCORD



REHDEKO  
RK 175-4S





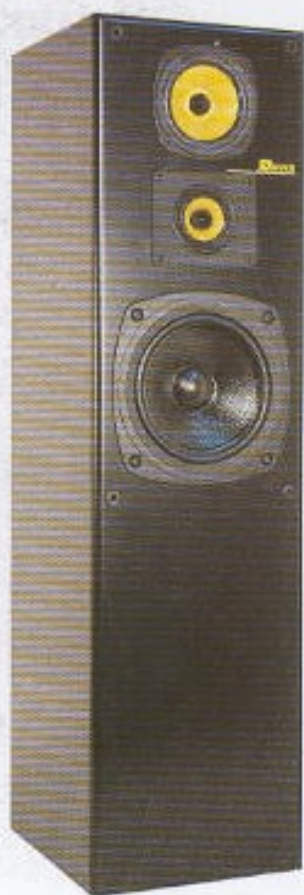
CREATION ACOUSTIQUE  
IRIS



KEF  
105/3



TANNOY  
DC 3000



DAVIS  
KRYPTON



MISSION  
767

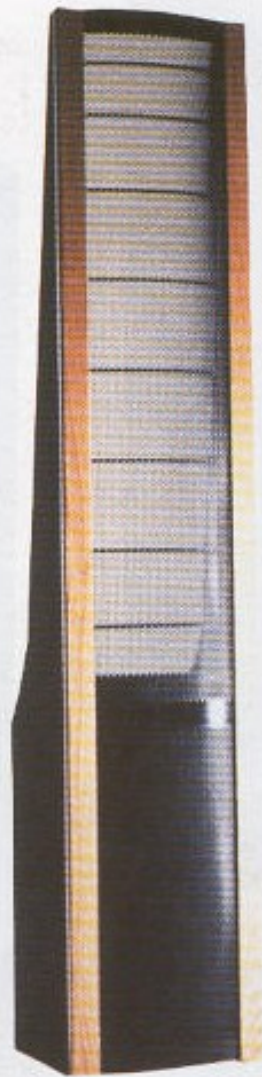


QUART  
980 S II

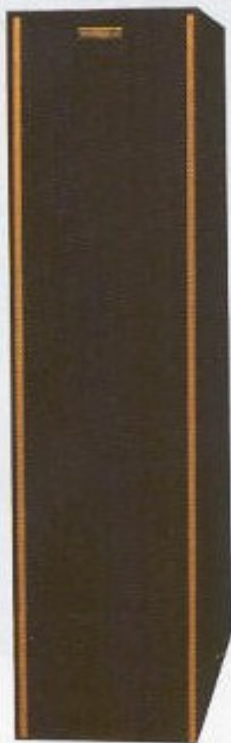




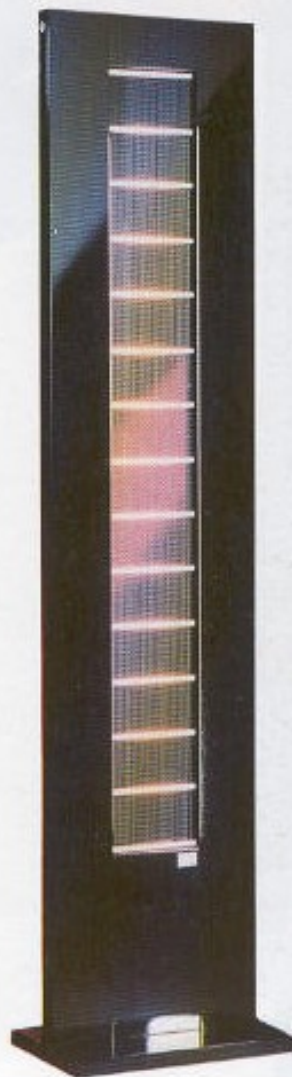
TRIANGLE  
LATITUDE



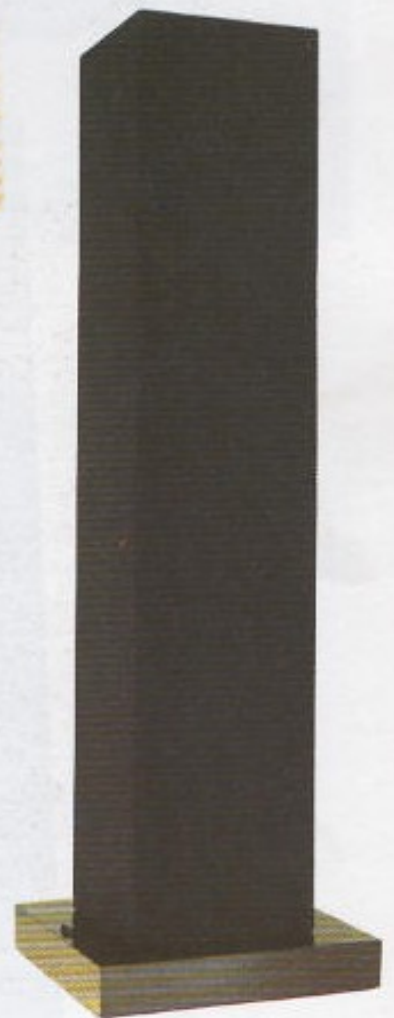
MARTIN LOGAN  
SEQUEL II



SYNONYME  
EFX CONTACT



AUDIOSTATIC  
ES 300



EQUATION II



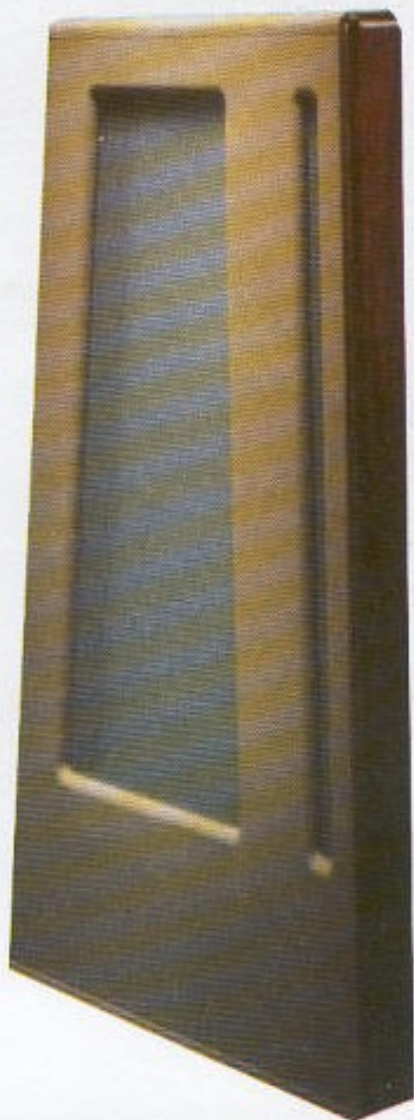
KLIPSCH  
HORN



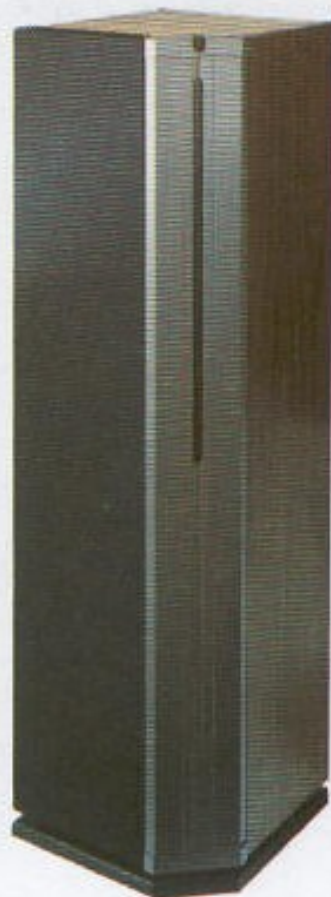
ONKYO  
GS-1



QUAD  
ESL 63

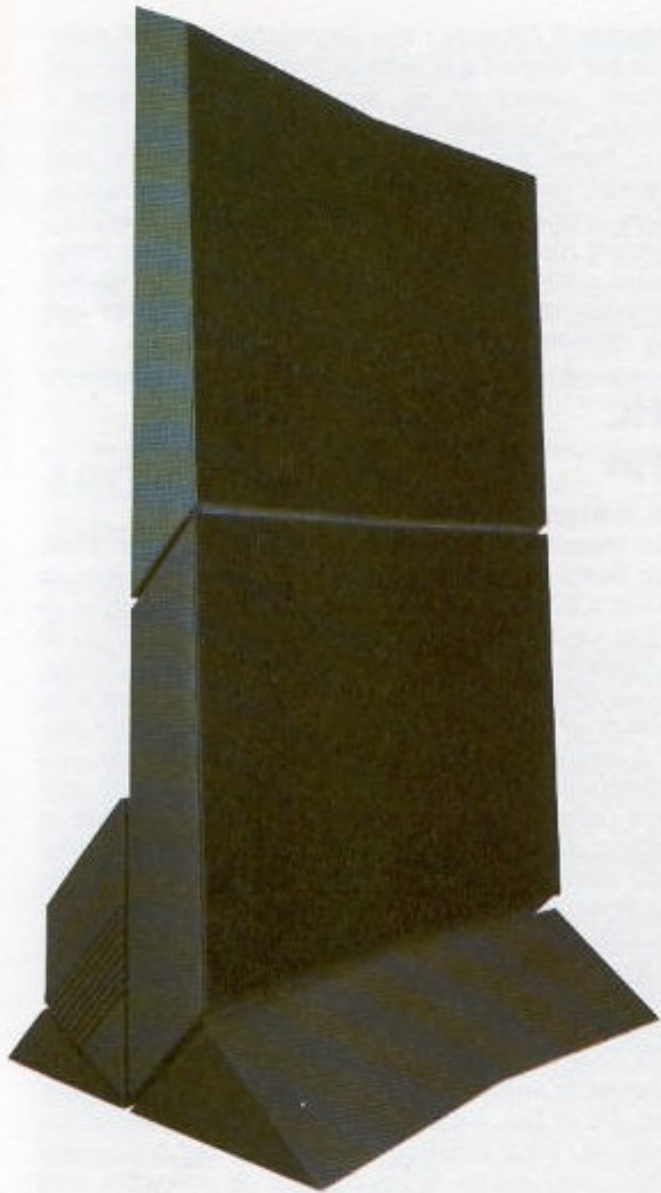


APOGEE  
STAGE



CELESTION  
3000





AHL  
TOLTEQUE



MAGNEPAN  
MG 2.5 RT



ACOUSTAT  
SPECTRA 11



## ACOUSTAT

### Type : SPECTRA 11

Prix indicatif : 17 500 F la paire.

La société américaine Acoustat est l'un des grands spécialistes du transducteur électrostatique. La Spectra 22, électrostatique large bande, a fait l'unanimité auprès des critiques du monde entier pour son extraordinaire finesse de restitution qui ne laisse échapper aucun détail, avec un sens évident de la musicalité. Depuis peu, elle propose un système hybride de prix extrêmement concurrentiel, la Spectra 11 avec caisson de grave équipé d'un haut-parleur électrodynamique ultra-rapide de 21 cm et cellule électrostatique prenant le relais au-delà de 250 Hz à large diffusion. Contrairement à bien des électrostatiques, ce système est facile à driver avec n'importe quel type d'électronique. Cependant, de par leurs transparences, elles mettent en valeur la personnalité sonore des amplis. Elles se caractérisent par une grande clarté, un étonnant ciselé et une analyse très rigoureuse, même des formations sonores complexes, avec toujours beaucoup de délicatesse sur les timbres. L'image stéréo est de grande stabilité, contrairement à bien des punneaux, avec naturellement une très bonne restitution des ambiances sonores. Un excellent moyen d'accéder à la qualité des électrostatiques sans pour autant être limité en capacité dynamique.

## ACOUSTIC ENERGY

### Type : AE1

Prix indicatif : 14 900 F la paire avec pieds supports.  
Banc d'essai dans la N.R.D.S. n° 137.

La société anglaise Acoustic Energy propose depuis peu des systèmes ultra-compacts sortant vraiment de l'ordinaire et méritant pleinement leur nom. Conçues par des professionnels du son, elles ont été parfaitement optimisées pour une écoute domestique tout en étant capables d'une énergie acoustique (sans jeu de mots) sans distorsion et d'un pouvoir d'analyse très supérieur. Pour arriver à un tel résultat à partir d'une enceinte ne dépassant pas 18x29x24 cm, les haut-parleurs électrodynamiques équipant l'AE1 ont été totalement repensés afin de soutenir des puissances élevées tout en continuant, sur une très large bande de fréquences, à travailler en piston. C'est ainsi que le cône du haut-parleur grave-médium de 11 cm est réalisé et tourné dans la masse d'une feuille d'aluminium qui a subi de part et d'autre une véritable anodisation jouant le rôle d'amortissement des éventuelles résonances parasites. Ce cône, très rigide et très neutre, possède de plus un excellent pouvoir de propagation des ondes à l'intérieur de la matière et sert aussi de dissipateur thermique idéal à la bobine mobile sur support aluminium, elle aussi. Ainsi la température de la bobine mobile est-elle beaucoup plus constante ne modifiant pas les caractéristiques d'impédance et, par voie de conséquence, la capacité dynamique du transducteur. Il en va de même pour le tweeter à dôme hémisphérique de 2,5 cm de diamètre en alliage de magnésium dont la bobine mobile baigne dans le ferrofluide.

Résultat à l'écoute : une incroyable capacité dynamique par rapport à la taille de l'enceinte avec une rare cohésion sonore et un souci de détail poussé à l'extrême. L'analyse sonore devient « comme » évidente, même sur les formations orchestrales les plus complexes tout en traduisant parfaitement l'environnement sonore des lieux de la prise de son. Les AE1 apportent réellement du nouveau en matière de transcription sonore de haute définition sans les inévitables tassements de dynamique trop souvent propres aux petits systèmes.

## AHL

### Type : TOLTEQUE

Prix indicatif : 500 000 F la paire.

Le transducteur Toltèque ionique à plasma froid, large bande de la société AHL a été l'un des clous du dernier CES de Las Vegas. Cet immense système de 2,50 m de hauteur pour 1,45 m de large et 20 cm de profondeur (pour le panneau) et d'un poids de 250 kg, part du principe permettant d'utiliser un volume d'air ionisé pour engendrer une onde acoustique. Pour arriver à mettre en mouvement les molécules d'air, très schématiquement, le Toltèque est constitué de plusieurs cellules ioniques identiques. Chaque cellule se compose d'un fil porté à un potentiel élevé par rapport à une électrode plane. Il y a ionisation de l'air. Des ions de potentiel identique à celui du fil sont repoussés vers l'électrode plane. Par collision avec des atomes sur leur passage, ils leur arrachent des électrons, lesquels ionisent d'autres atomes, on assiste à la création d'un courant électrique associé à un vent ionique. Il suffit donc de moduler par le signal musical, la valeur moyenne de polarisation pour générer une onde acoustique. De ce fait, on est en présence d'un transducteur proche de l'idéal théorique sans membrane ni équipement mobile, sans aucun filtre, capable de transcrire avec une linéarité exemplaire une bande passante du continu à plus de 20 kHz. La masse d'air en mouvement n'est que de 0,04 g. La puissance admissible est donnée pour 500 W. Ce transducteur est dans sa dernière phase de développement : nous aurons l'occasion d'en reparler plus longuement dans un prochain numéro avec écoute à l'appui.

## APOGEE

### Type : STAGE

Prix indicatif : 24 500 F la paire.

Le constructeur américain Apogee Acoustics est le seul à proposer des transducteurs large bande à ruban sans compromis, qui se sont taillés une réputation mondiale pour leurs qualités de naturel et de transparence. Vouloir proposer un système de prix plus abordable, les ingénieurs d'Apogée ont réalisé le modèle Stage de petites dimensions : 92,5 cm de hauteur pour une base de 65 cm et 5 cm d'épaisseur reprenant exactement le même principe de ruban pour la section grave de forme trapézoïdale jouant dans le champ de fuite de barreaux aimantés alternativement de sens opposés et d'un tweeter à ruban placé dans un étroit entrefer. De par la masse négligeable de l'équipage mobile, il résulte une réponse transitoire superbe

exempte de traînage avec un temps d'établissement ultra-rapide et une large dispersion.

Mais les Stage ont étonné plus d'un auditeur par leur rendement et la qualité de reproduction du grave à un niveau impressionnant sans trace de stress. Ce système permet d'accéder à la qualité de restitution intégrale par ruban, sans être limité ni en niveau ni en extension de la bande passante. A notre avis, parmi les « petits » systèmes de type panneau, la Stage est totalement à part, car elle dépasse largement de la tête et des épaules tout ce que l'on peut attendre dans cette taille d'encombrement et à ce prix... De véritables merveilles.

## ARCAM

### Type : TWO

Prix indicatif : 4 180 F la paire.

Banc d'essai dans la N.R.D.S. n° 127.

Les petits systèmes autour de 4 000 F la paire ne manquent pas sur les rayons des auditoriums spécialisés, mais ceux qui font réellement « de la musique » sont beaucoup moins nombreux qu'il n'y paraît. Des écoutes comparatives mettent très rapidement en valeur des défauts insoutenables à la longue, allant du déséquilibre tonal flagrant à un manque total de définition ou des colorations de petites boîtes absolument invivables.

Or, dès que l'on est en présence d'un petit système tel que l'Arcam Two (37×22×28 cm) qui marche si bien que l'on se demande si on ne s'est pas trompé de catégorie de prix, il faut le dire haut et fort. C'est un modèle d'équilibre, de définition, d'ouverture, de justesse de timbre, à tel point que l'étonnement est permanent. Chaque instrument se détache parfaitement des autres avec de l'air autour, les contrastes sonores sont saisissants, à tel point que l'on vient à douter des dimensions réelles de ce système deux voies. Et pourtant, il n'utilise qu'un haut-parleur grave-médium de 18 cm à membrane à profil exponentiel en matériau synthétique dit Cobex (copolymère extrêmement rigide) et qu'un tweeter à dôme (célèbre cependant) dont la réponse transitoire est une pure merveille. Si on examine de plus près le filtre, on s'aperçoit que les composants sont largement surdimensionnés avec des selfs insaturables, résistances métalliques de tolérance très serrée, masses en étoiles. Ajusté avec précision, ce filtre assure un recouvrement pratiquement imperceptible entre les deux haut-parleurs, la linéarité de la courbe de réponse en témoigne. Alors, attention si vous avez un choix à effectuer parmi les enceintes dont le prix de la paire tourne autour de 4 000 F, surtout n'oubliez pas les Arcam Two, vous risqueriez de le regretter.

## AUDIOSTATIC

### Type : ES 300

Prix indicatif : ES 200, ES 400, ES 300, ES 600, ES 900 de 18 000 F à 72 000 F la paire.

Banc d'essai dans la N.R.D.S. n° 121.

Les panneaux électrostatiques Audiostatic se distinguent des autres transducteurs fonctionnant selon ce principe par l'adoption d'un double transformateur

adaptateur d'impédance qui permet de transmettre le signal aux électrodes avec une meilleure symétrie. On obtient ainsi un fonctionnement en tous points de la membrane en mylar beaucoup plus uniforme avec une plus grande facilité en tant que charge à attaquer par un amplificateur.

Fonctionnant en large bande push-pull, les panneaux Audiostatic sont capables de descendre réellement dans le grave avec du niveau, sans phénomènes d'intermodulation ni flashage. Ils peuvent soutenir des niveaux élevés sans stress, avec tout le raffinement des timbres dont sont seuls capables les électrostatiques. L'image stéréo (souvent le point faible des panneaux) est ici obtenue avec un étagement de grande vérité et sans variation en fonction de la hauteur de la note jouée. Les Audiostatic proposent une esthétique sonore très proche de celle ressentie en concert, avec un rapport entre sons directs et sons réfléchis qui vous transpose réellement sur les lieux de l'enregistrement.

## AUDIO REFERENCE

### Type : 126 DC

Prix indicatif : 29 980 F la paire.

Banc d'essai N.R.D.S. n° 133.

Avec ses 1,3 m de hauteur, ses 37 cm de large pour 42 cm de profondeur, la 126 DC Audio Reference vient se positionner comme le modèle étalon de la gamme DC pour « Directivité Contrôlée », qui résume le principe du centre émissif virtuel correspondant au tweeter avec, placé de part et d'autre de celui-ci les deux médiums et les deux haut-parleurs de grave. La 126 DC est donc un système 3 voies à cinq haut-parleurs de haute qualité. Le grave est reproduit par deux haut-parleurs de 25 cm marchant en parallèle. Le médium utilise le même type de configuration mais avec deux transducteurs de 16 cm à membrane en fibre de kevlar tressé. Le tweeter est de type à chambre de compression de la société Fostex.

Avec un rendement très élevé de 97 dB/1 W/1 m et une puissance admissible de 300 W, les 126 DC offrent des possibilités d'utilisation vastes et variées. Il est aussi possible d'accéder à la bi-amplification ou au bi-câblage procurant au 126 DC une ampleur supplémentaire, grâce au filtre à masses séparées.

Les qualités de restitution de ce système sont évidentes dès les premières minutes d'écoute. Une image stable avec un étonnant pouvoir d'analyse de chaque instrument, un équilibre tonal bien étudié entre chaque extrémité du spectre et une capacité dynamique étourdissante font que l'Audio Référence 126 DC est, sans conteste, un système qui restitue la musique dans toute sa plénitude avec beaucoup de vie et de conviction.

## AUDIO STYLE

### Type : PREMIUM PRESTIGE

Prix indicatif : la paire selon finition de 5 600 F à 6 800 F.

Audio Style a réussi le tour de force de proposer une minuscule enceinte acoustique, la Premium de base répondant réellement aux critères de haute-fidélité.

Renouvelant son exploit sous une taille guère plus



importante (18,5 cm x 11,5 x 11,5 cm), ce constructeur français, avec la Premium Prestige, commercialise un « micro-système » dont la diffusion sonore s'écarte des caractéristiques habituelles. En effet, le haut-parleur de grave-médium de 10 cm est situé au sommet de l'enceinte et rayonne sur 180°. Le tweeter est placé sur la face avant et matérialise parfaitement la ponctualité des sources et le repérage. Guère plus grosses que trois boîtes d'allumettes de 50 centimes, les Premium Prestige présentent une linéarité exemplaire couvrant les fréquences de 52 Hz à 25 000 Hz avec une puissance admissible de 100 W tout en ayant un très bon rendement de 90 dB/1 W/1 m. Ce modèle peut faire partie d'un système évolutif avec l'adjonction d'un ou deux caissons d'extrême-grave spécialement conçus à son intention ou en bi ou tri-amplification conjointement avec les électroniques Carat d'Audio Style.

A l'écoute, les Premium Prestige présentent une ouverture sonore étonnante par rapport à leur taille tout en conservant une excellente localisation des instrumentistes. Malgré leurs très petites dimensions, on ne se sent pas frustré par un manque de grave, au contraire le suivi mélodique est facile et le petit haut-parleur de grave-médium ne talonne pas même sur des écarts de niveau impressionnants. L'équilibre tonal est très réussi, l'ensemble de la restitution ne part pas vers le tweeter et aucune stridence désagréable ne vient entacher l'écoute. Les superbes finitions proposées (jusqu'aux bois précieux) font qu'elles pourront vraiment s'intégrer et se faire discrètes dans tous les types de décor.

## BW

### Type : SOLID

Prix indicatif : 2 990 F la paire.

Banc d'essai dans Son Mag n° 2 (n° 211).

BW a voulu vraiment sortir de l'ordinaire en concevant les petites Solid qui ne ressemblent absolument à aucune autre enceinte connue. Avec leurs dimensions mini, le volume interne n'est que de 4 litres seulement (hauteur 27 cm avec le pied) et leur forme tout en courbes pour atténuer les effets de bord parasites, les petites « Solid » sont des systèmes compacts dignes de l'appellation monitor. Le coffret est réalisé en deux coques en ABS injecté de forte épaisseur, particulièrement résistant et très neutre sur le plan acoustique. La Solid est équipée d'un système deux voies avec un grave de 13 cm ultra-robuste pouvant encaisser près de 150 W, avec circuit magnétique totalement blindé pour éviter les fuites de flux toujours dévastateurs à côté d'un moniteur TV et d'un tweeter à membrane polycarbonate à profil mixte cône et dôme réputé pour sa définition.

Un pied tripode articulé permet de poser les Solid sur support plan et de l'incliner dans tous les sens. Mais on peut aussi positionner la Solid contre un mur, une attache à l'arrière étant prévue à cet effet.

L'écoute a de quoi surprendre les plus blasés, les Solid délivrent un message à la fois doux et hyper-analytique avec un grave très rapide qui descend correctement en tenant compte du volume sonore et de la taille réduite de l'enceinte, un médium remarquable

d'une rare élégance sans dureté et un aigu qui sait filer haut sans pour autant mettre en avant des résonances parasites ou du souffle. On peut pousser le niveau sonore sans crainte de faire talonner le haut-parleur et en conservant toujours une bonne intelligibilité. Les Solid, en dehors d'une utilisation purement haute-fidélité, trouveront place au sein de multiples applications, ses lignes originales seront un atout supplémentaire non négligeable. Une écoute pleine de vie, très revigorante, avec un « look » anti-conformiste.

## CABASSE

### Type : ETNA + CORVETTE M2

Prix indicatif :

Etna + Corvette M2 : 18 270 F la paire.

Amateurs de grands systèmes d'exception, Cabasse a pensé à vous, et de quelle manière ! Les Corvette M2 fonctionnaient déjà remarquablement bien seules, mais en leur associant les caissons de grave Etna, on obtient un soutien dans l'extrême-grave extraordinaire. Cabasse, pour les systèmes « triphoniques », est arrivé aux conclusions suivantes : premièrement, le niveau sonore dans l'infra-grave doit être très important pour s'adapter aux courbes de sensibilité de l'oreille. Deuxièmement, la notion de vraie haute-fidélité doit se plier à des contraintes physiques incontournables exigeant un grand volume de charge et une grande excursion des membranes de haut-parleur. Troisièmement, l'ensemble constitutif satellites et caisson de grave doit répondre à l'influence et aux exigences acoustiques du local d'écoute. Enfin, une certaine latitude doit être laissée aux réglages pour optimiser ces différents paramètres.

Le caisson de grave Etna est une enceinte de 270 litres qui charge deux transducteurs de 21 cm à membrane nid d'abeilles. Aucun compromis n'a été consenti au niveau de l'encombrement et des moyens mis en œuvre afin de répondre parfaitement aux différents critères de rendement, de tenue en puissance, de linéarité jusqu'aux fréquences infra-sonores reproduites avec un faible taux de distorsion. Le filtre actif associé autorise l'utilisation d'un ou de deux caissons Etna et permet d'intervenir aussi sur les fréquences basses et hautes de relais avec les Etna ou les Corvette et d'adapter leur niveau relatif. Quant aux bien connues Corvette M2 utilisées en satellites, ce sont des systèmes compacts 3 voies équipées des fameux transducteurs nif d'abeille et à dôme Cabasse. Est-il besoin d'insister sur l'ampleur, la précision et la réponse fantastiques de ce gigantesque système ? Une expérience unique à vivre ; celle de découvrir un registre infra-sonore d'une richesse inouïe qui modifie totalement la perception de sources que l'on croyait bien connaître. Enfin un système sans limitation qui vous fait redécouvrir la musique dans toute sa richesse expressive, sans jamais se sentir frustré.

## CELESTION

### Type : 3000

Prix indicatif : 13 000 F la paire.

Après avoir étudié et commercialisé des enceintes acoustiques au rapport agrément d'écoute/prix prati-



quement imbattable telles la fabuleuse « petite » Modèle 3, Celestion propose sur un autre créneau trois systèmes hybrides ruban/électrodynamique qui ne manqueront pas d'attirer l'attention des audiophiles les plus blasés. Étudiées en fonction d'une écoute domestique, en s'affranchissant des contraintes inhérentes aux transducteurs à ruban fonctionnant en dipôle avec un mariage correct avec le haut-parleur électrodynamique de grave, les Celestion 3000 vous font découvrir un panorama sonore d'une beauté saisissante. Jamais sur une enceinte, les timbres nous sont apparus aussi justes, exempts de colorations néfastes, aussi purs. Les 3000 détaillent les sources sans pour autant imposer une froide analyse. Tout se passe avec distinction, avec une hyper-ouverture dans le plan horizontal. L'aigu file haut sans rupture de famille sonore avec le médium et à l'opposé le grave descend très bas, les fondamentales n'étant pas tronquées mais ressenties physiquement. L'image se forme réellement entre les deux enceintes, à tel point que l'on a l'impression qu'elles n'existent pas. Si on analyse plus en détail le système, on constate que les ingénieurs de Celestion ont particulièrement soigné la rigidité du coffret de charge du haut-parleur grave de 21 cm à grande élongation, ainsi que le sous-coffret renfermant le transducteur à ruban de 12  $\mu$ m d'épaisseur seulement jouant dans l'entrefer d'un circuit magnétique composé de pas moins de 60 barreaux ferrite ultra-puissants. L'onde arrière du ruban est totalement amortie, tandis qu'à l'avant une pièce avec fente centrale sert de lentille de diffraction pour une large distribution spatiale dans le plan horizontal. Ainsi, totalement repensée, l'association de deux technologies, ruban et électrodynamique, cohabitent-elles en parfaite harmonie, en prenant le meilleur des deux sans les inconvénients. Un grand système qui mérite une écoute très attentive car les 3000 font partie des enceintes qui ne se révèlent pas dès les premières minutes.

## CHARIO

### Type : HIPER X1

Prix indicatif : 10 800 F la paire.

Les enceintes Chario ont désormais pris leur place parmi l'élite des systèmes de reproduction. Une gamme complète allant des colonnes Hiper 4 jusqu'aux petites (par la taille) Hiper X1, offre d'immenses qualités en s'accordant parfaitement à des lieux d'écoute aux volumes plus ou moins importants.

L'Hiper X1 se trouve être la plus petite de cette gamme. Avec 30 cm de haut, 20 cm de large et 27 cm de profondeur, ce système trouvera très facilement sa place dans n'importe quel intérieur. La finition exceptionnelle se mariera avec tous les styles d'ameublement.

Les deux haut-parleurs, tweeter et grave/médium sont de conception et de fabrication Chario avec des circuits magnétiques surpuissants. Le filtre très élaboré assure une transition imperceptible à 2,5 kHz.

Nous ne pouvons que confirmer les déjà très nombreuses distinctions que cette enceinte a reçues. En effet, l'écoute effectuée avec diverses électroniques a mis en évidence un haut pouvoir d'analyse, une image stéréo bien en place, une dynamique étonnante ainsi

qu'une belle fidélité des timbres grâce à un équilibre tonal bien respecté. L'Hiper X1 est certainement l'une des enceintes de faible volume les mieux finies que l'on puisse trouver actuellement et surtout qui procure un agrément d'écoute hors pair sur tous les genres de musique. A conseiller sans réserve d'autant plus qu'elles sont faciles à driver.

## CONFLUENCE

### Type : CANTILENE

Prix indicatif : 9 660 F la paire.

Banc d'essai dans la N.R.D.S. n° 122.

Les enceintes Confluence sont le fruit des nombreuses études réalisées avec beaucoup de pragmatisme par M. Christian Gerhards qui s'est attaché à résoudre les vrais problèmes de la restitution sonore de qualité. La Cantilène se situe au sein d'une série de six modèles, tous aussi réussis les uns que les autres. La géométrie particulière du coffret n'est pas le fait du hasard, mais la mise en pratique d'études sur l'écoulement des ondes de part et d'autre des parois avec, en corrélation une diminution notable de la formation des ondes stationnaires internes. Le coffret est d'une extrême rigidité grâce à des parois de 23 mm d'épaisseur. Un placage noyer naturel vernis vient donner à la Cantilène un superbe aspect. Cette enceinte trois voies utilise deux transducteurs. Le grave/médium est un 21 cm d'origine Focal possédant une double bobine dont chacun des enroulements couvre une gamme précise de fréquences. Les fréquences aiguës sont reproduites par un tweeter TW 50 M situé au sommet de l'enceinte, totalement dégagé latéralement pour éviter tout effet de bord. Cette enceinte se situe largement au-dessus des critères habituels de qualité de fabrication.

Il est rare qu'une écoute nous ait impressionnés de la sorte, la Cantilène arrive à un degré de restitution proche de la perfection. Ce système trois voies réunit : sensation d'espace, richesse d'expression, grande linéarité, suivi des mélodies, homogénéité due à un équilibre tonal hors du commun. Dans sa gamme et pour un prix des plus intéressants en regard des moyens utilisés pour sa fabrication, la Cantilène est certainement le système électrodynamique le plus naturel et le plus universel sur tous types de musique que l'on puisse acquérir actuellement, une exceptionnelle réussite.

## CREATION ACOUSTIQUE

### MICHEL MYTNIK

### Type : IRIS

Prix indicatif : 13 800 F la paire.

Banc d'essai dans la N.R.D.S. n° 129

Enceinte originale à plus d'un titre, l'Iris est le fait de l'expérience d'un jeune chercheur électroacousticien Michel Mytnik qui a su combattre efficacement les colorations de coffret et obtenir une excellente homogénéité sonore en repensant totalement la structure de l'enceinte. En effet, on trouve la combinaison de trois matériaux de nature et de densité différentes dans la réalisation du coffret. Ainsi, le baffle-support des deux haut-parleurs est en pierre de synthèse ultra-

neutre. Il est découplé de l'ébénisterie proprement dite en médite d'épaisseur et de densité différentes par des joints souples. En plus, les circuits magnétiques des haut-parleurs s'appuient sur un système de chevalier métallique qui les maintient sous tension et absorbe les résonances parasites. Ensuite les formes originales en dièdre de l'enceinte avec des faces non parallèles, éliminent les problèmes d'ondes stationnaires par réflexion interne et diminuent aussi les problèmes d'effets de bord. Le résultat : une écoute de grande neutralité, avec un sentiment permanent de superbe liberté d'expression qui révèlent tous les jeux les plus subtiles, toutes les différences d'interprétations. A souligner, un grave bien articulé et ferme et un extrême-aigu d'ultra-haute définition avec un médium doux sans agressivité.

L'Iris regroupe une esthétique superbe, une finition irréprochable, mais surtout une écoute de grande classe ; autant d'arguments qui ont de quoi satisfaire les plus difficiles.

## DATM

### Type : HARMONIE

Prix indicatif : la paire 12 900 F finition standard ; 16 900 F finition laquée.

Le système Harmonie de la gamme Europe se distingue par l'adoption de la charge en forme de goutte d'eau dont la réalisation a été rendue possible grâce au principe de moulage d'un matériau dit de mortier de synthèse, savant mélange de deux résines synthétiques, de sable ultra-fin et de poudre de marbre en présence d'un catalyseur. La densité très élevée de ce nouveau matériau (1,85 au lieu de 0,85 pour les parois en médite) a permis d'obtenir une rigidité extrême, d'autant que les parois internes de la charge en goutte d'eau sont d'épaisseur variable en fonction des pressions acoustiques. Cette forme est idéale car elle annule tous les effets néfastes des ondes stationnaires, tout en évitant les phénomènes de réflexions parasites sur les bords.

Le système est ainsi composé de deux haut-parleurs grave de 21 cm de diamètre à membrane kevlar chargé par un volume en goutte d'eau, d'un médium de 13 cm à membrane en fibres de verre tressées, qui possède son propre volume de charge toujours en goutte d'eau mais ouvert à l'arrière pour une bonne décompression et un tweeter à haut rendement totalement dégagé. Le filtre de répartition savamment étudié dispose de masses séparées autorisant le bi-câblage que nous ne saurions trop conseiller car il apporte une ouverture encore plus grande dans le médium et un pouvoir d'intelligibilité extraordinaire. Les charges en goutte d'eau amènent réellement un « plus » à l'écoute par l'absence de toniques désagréables et surtout une aération et un sentiment de liberté sonore permanents.

## DAVIS

### Type : KRYPTON

Prix indicatif : 12 000 F la paire.

La société française Davis est spécialisée dans la conception et la fabrication de haut-parleurs de haute technologie. Ayant à sa tête, en la personne de

M. Visan, l'un des plus imminents spécialistes des transducteurs électroacoustiques, rien d'étonnant que les nouvelles enceintes de la série Audiophile soient aussi musicales et cohérentes. La Krypton en est une preuve flagrante, pleine de vie grâce à une capacité dynamique nettement supérieure à la moyenne, capable de restituer une « foultitude » de détails qui passent souvent inaperçus sur d'autres enceintes acoustiques, elles savent vous faire plonger au cœur de la musique avec une rare intensité. La lisibilité sur les messages complexes dépassant largement les systèmes conventionnels. Il faut dire que les haut-parleurs sont chacun dans leur gamme de fréquences, ce qui se fait de mieux pour une écoute domestique. En effet, si on examine de plus près le remarquable haut-parleur de grave de 22,5 cm, on constate que sa membrane en fibres de carbone tressées a reçu un traitement spécifique et que sa bobine joue dans l'entrefer d'un circuit magnétique surpuissant, ce qui n'est pas étranger à l'impeccable réponse transitoire et l'absence de traînage en-dessous de 400 Hz. Le médium à membrane fibres de kevlar n'est pas en reste, avec une densité de flux de 1,4 T. Il offre une réponse pratiquement linéaire entre 200 Hz et 5 kHz avec un minimum de distorsion. Quant au tweeter, il est capable d'une réelle énergie sur les transitoires les plus violents et, contrairement à bien d'autres concurrents, ne s'écroule pas en distordant dès que le niveau augmente.

La Krypton, une enceinte de grande classe très équilibrée, réalisée avec des haut-parleurs dignes de ce nom dans une configuration intelligemment prévue pour une restitution des moindres détails qui font la différence entre un étouffoir et un système de haute résolution.

## DENON

### Type : SC 300

Prix indicatif : 2 500 F la paire.

Ce système trois voies de dimensions ultra-compactes, 22,5 x 32 x 21,5 cm, vient d'être élu par « 50 millions de Consommateurs » comme la meilleure enceinte parmi 21 modèles dont les prix à la paire s'échelonnent de 1 500 à 2 500 F. Ce système peut remplacer avantageusement les enceintes fournies avec de nombreuses midi-chaînes, mais aussi après écoute, nous le pensons sincèrement, se situer au sein de systèmes musicaux grâce à plusieurs qualités de base : bonne linéarité de la courbe amplitude-fréquence liée naturellement à un équilibre tonal très réussi, faible distorsion, absence de directivité marquée et capacité dynamique étonnante par rapport à la taille en corrélation avec une excellente tenue en puissance.

A ses qualités, des explications tangibles : un haut-parleur grave de 17,5 cm à cône en pulpe de cellulose à fibres longues ayant un haut pouvoir de définition, associé à une bobine de 3,5 cm baignant dans le flux d'un champ magnétique intense délivré par un circuit magnétique de grand diamètre ; un médium à dôme souple de 2,5 cm avec large suspension pour éviter les effets de basculement, tweeter de 2,5 cm à dôme aluminium avec suspension rapportée synthétique atténuant ainsi les résonances de bord. Si vous ajoutez à cela un filtre bien conçu, non seulement dans le choix



des fréquences d'aiguillage (800 Hz et 5,5 kHz) mais surtout dans le parfait ajustage des niveaux apparents entre chaque transducteur, rien d'étonnant qu'elle ait ainsi remporté les suffrages de tous les spécialistes qui l'ont entendue. Décidément, Denon est présent sur tous les fronts.

## DYNAUDIO

### Type : CONTOUR II

Prix indicatif : 18 680 F la paire.

Banc d'essai dans la N.R.D.S. n° 131.

Vous connaissez certainement Dynaudio pour ces superbes transducteurs très élaborés qui équipent bon nombre d'enceintes de haut et très haut de gamme. Lorsque ce constructeur se penche sur la réalisation d'une enceinte sans compromis, cela nous donne la merveilleuse Contour II. Cette superbe colonne haute d'un mètre, est équipée des meilleurs haut-parleurs de la marque. Ainsi, les audiophiles avertis seront ravis d'apprendre que le tweeter n'est autre que le fantastique D-28, réputé par son filé et sa finesse. De même, le grave est reproduit par deux 17 W75 dont la membrane est mise en mouvement par une bobine de 7,5 cm de diamètre (!), chargés chacun par une cavité bien distincte accordée par un système variovent. Le médium à dôme hémisphérique est un modèle du genre. Il a été mis au point sur ordinateur afin de synthétiser les très nombreux paramètres intégrant : la linéarité en fréquence, la linéarité en impédance et en phase. Une belle performance qui se retrouve à l'écoute par un côté très bien articulé, mis en valeur grâce à la remarquable linéarité subjective de la Contour II et aux recouvrements imperceptibles des haut-parleurs entre eux. Parfaitement à même de s'effacer devant la musique à reproduire, elle sait séduire par le soyeux de ses timbres, son ouverture sur une scène sonore large et profonde et surtout pour son registre grave et extrême-grave étonnamment étendu, sans trace de résonances. Et surtout, elle « fait » de la musique en permanence et cela à tous niveaux sonores.

## ELIPSON

### Type : GX 20

Prix indicatif : 4 500 F la paire.

Elipson, ce pionnier de l'électroacoustique moderne à qui l'on doit très certainement les plus grandes innovations en matière de charge des haut-parleurs et mise en phase, vient réellement de nous étonner avec son modèle « extra-plat » GX 20 par le naturel, la présence, l'extrême propreté sonore de cette enceinte de type panneau dont l'épaisseur n'excède pas 12 cm ! Pour une hauteur de 80 cm et une largeur de 35 cm, elle défie réellement les lois de l'acoustique couramment admises voulant qu'une charge peu profonde ne fonctionne pas. Or le GX 20 possède un grave profond, ultra-rapide, un médium sans tonique désagréable dû à des réflexions internes parasites et une extrême cohérence dans la diffusion spatiale. Plus surprenant encore, une incroyable tenue en puissance, sans distorsion, avec toujours une très bonne précision dans le placement des instrumentistes dans l'espace. Sa forme unique (dans cette gamme de prix) n'est pas étrangère

à cette véritable surprise en matière de restitution sonore naturelle. En effet, les événements sont situés à la base du panneau afin de conserver les meilleures caractéristiques possibles de rendu du grave en fonction de l'emplacement de l'enceinte dans la pièce. La rigidification de l'ébénisterie par des tasseaux, ainsi que le saladier « bloqué » du haut-parleur grave-médium contre la paroi arrière, évitent toutes formes de toniques désagréables. Un étonnant système qui mérite vraiment d'être découvert, d'autant plus qu'il est facile à driver, avec sa courbe d'impédance très régulière, son rendement élevé (de l'ordre de 91 dB/1 W/1 m) et sa puissance admissible pouvant atteindre sans problème les 80 W. Du « grand » Elipson qui rejoint les modèles phares de cette marque prestigieuse.

## EQUATION

### Type : II

Prix indicatif : 25 000 F la paire.

Banc d'essai dans la N.R.D.S. n° 137

Les enceintes Equation sont le fruit de la dynamique société belge Equation Europe. La modèle présenté dans ce panorama se situe en milieu de gamme. L'Equation II est une évolution du système présenté dans L'Audiophile n° 4. Les traits marquants de cette nouvelle enceinte acoustique sont : une linéarité de la courbe d'impédance en fonction de la fréquence, une phase bien respectée, une réponse transitoire superbe. Avec l'Equation II, l'amplificateur regarde une charge constante de 100 Hz à 20 000 Hz travaillant ainsi de manière idéale, avec une meilleure tenue dans le grave.

Le tweeter utilisé est totalement différent de celui employé dans la première version. Il s'agit d'un transducteur faisant appel aux dernières techniques de céramique synthétique pour le dôme, ainsi les fréquences reproduites ont-elles pu être étendues bien au-delà de 25 kHz. Le transducteur grave/médium a une membrane en polykevlar traité par un dépôt de matériau synthétique. Le socle de 32 cm de côté renferme le filtre qui est noyé dans de la résine. La configuration du réseau du filtre avec les masses séparées

L'image stéréophonique procurée par les Equation II est toujours aussi surprenante. Les groupes instrumentaux sont bien dégagés les uns des autres avec en permanence une excellente notion de l'espace sonore environnant. La mise en phase est parfaitement respectée donnant l'impression d'un seul et unique haut-parleur large bande tant la fusion est parfaite entre grave et tweeter. Précision, ciselé, grave rapide et bien détourné sont aussi les caractéristiques de cette enceinte très homogène. Un système qui offre réellement une restitution en trois dimensions proche des sensations ressenties au concert.

## ESPACE

### Type : OCTOLONE PRECISION

Prix indicatif : 9 860 F la paire.

Banc d'essai dans la N.R.D.S. n° 138.

Il est souvent difficile de vraiment innover dans le domaine des transducteurs électrodynamiques. A peu



près toutes les configurations ont été créées à partir d'une ou plusieurs bobines mobiles pour se rapprocher au plus près du fonctionnement en piston idéal. Et pourtant M. Fabricanti vient réellement de révolutionner (le terme n'est pas ici galvaudé) la forme et le fonctionnement des haut-parleurs « classiques ». Appliquant le même principe de surface autoportante utilisée couramment en architecture pour une forme complexe de membrane, il a réussi à obtenir un unique support très rigide qui peut être mis en mouvement par deux bobines mobiles indépendantes sans aucune interaction entre elles, jouant dans l'entrefer de deux circuits magnétiques distincts. La membrane en PVC moulé, selon cette forme complexe qui s'apparente à une structure autoportante, fonctionne ainsi en piston sur toute la gamme des fréquences à reproduire avec un très haut pouvoir d'accélération conféré par les deux bobines indépendantes. Le tweeter est, lui aussi, très original, il se compose d'un dôme convexe en aluminium se prolongeant naturellement par une amorce de pavillon exponentiel et ayant au centre une pièce oblongue qui assure un rôle de diffuseur homogène et de léger effet de chambre de compression sans les inconvénients de distorsion par non-linéarité de la pression de l'air en fonction du niveau sonore.

Sur le système à deux voies Octolone Référence équipé d'un transducteur grave-médium et d'un tweeter ainsi décrits, l'écoute s'est avérée étonnante par le niveau et la rapidité dans le grave, la bonne cohésion avec le tweeter extrêmement dynamique et rapide. Les niveaux sonores peuvent être très élevés sans pour autant donner l'impression que l'enceinte Octolone force ou distorde de manière désagréable, sans effet de tassement sur les pointes de modulation. Le résultat est vraiment étonnant et mérite une écoute attentive par rapport aux systèmes de haut-parleurs traditionnels. Une nouvelle approche qui se révèle très prometteuse, à écouter impérativement.

## INFINITY

### Type : MODULUS

Prix indicatifs : 10 875 F la paire ; caisson de base actif : 23 250 F ; pieds support : 3 200 F.

Infinity propose avec son système Modulus un ensemble de haut-parleurs sans compromis, capable sous un tout petit volume de restituer toute l'intensité et la force émotionnelle de la musique sans limitation de bande passante ou de capacité dynamique.

Au départ, le système Modulus se compose de deux petites enceintes (de 30×18×27 cm) hyper-rigides (panneaux d'ultra-haute densité avec matériau visco-élastique) dont le baffle support présente une géométrie particulière afin de dégager totalement latéralement le tweeter EMIT de type isodynamique et le grave-médium de 14 cm à membrane en dôme inversé en polypropylène graphite pour une parfaite rigidité par rapport à la masse. On peut adjoindre à ses deux magnifiques enceintes, le « Modulus Subwoofer » qui étend la réponse dans l'extrême-grave jusqu'à 22 Hz grâce à un haut-parleur de grave de 31 cm polypropylène graphite avec servo-contrôle (identique à celui de l'IRS) logé avec son électronique d'asservissement de 250 W et le filtrage actif vers les satellites dans un élégant coffret de seulement 48,3×44,4×44,4 cm. Des

pieds acoustiquement inertes sous forme de colonne en aluminium extrudé remplis de sable, assurent un positionnement et un support parfaitement neutre aux enceintes satellites.

L'ensemble Modulus apporte une restitution spatiale d'une surprenante vérité. Les divers interprètes prennent place dans l'espace avec un relief saisissant. On a l'impression que l'on pourrait tourner autour des interprètes tant l'aération est grande et la mise en phase parfaite. De plus, aucun sentiment de frustration n'est ressenti dans le grave, reproduit avec une sensation de puissance et sans saturation, digne des grands ensembles IRS. Fabuleux de vérité et de relief, les contrastes sonores ressortent avec une nouvelle dimension sur cet étonnant système Modulus qui sort résolument des sentiers battus. A découvrir au plus vite.

## J.A. GAUGLIN

### Type : KX 80 SL

Prix indicatif : 6 980 F la paire (version luxe)

5 980 F la paire (version N.).

Banc d'essai dans la N.R.D.S. n° 138.

Parmi les tout petits systèmes méritant vraiment le label haute-fidélité, on peut retenir sans réserve la KX 80 pour son haut pouvoir de définition, sa tenue en puissance assez incroyable par rapport à sa taille et ce sentiment permanent d'aération, sans effet de compression ou nasillard. Ce petit système de 18×27,5×17,5 cm est, de plus, d'une finition à tomber à la renverse. Le placage noyer vernis est superbe sur toutes les faces (baffle support de haut-parleur compris) et les arêtes demi-rondes soulignent le caractère raffiné de cette enceinte qui, dans sa version luxe, peut prendre place sans dépareiller auprès de bibelots de grande valeur. Cette finition hyper-soignée s'étend jusqu'aux bornes de liaison en laiton acceptant soit les câbles de fort diamètre soit les fiches bananes. De type bass-reflex avec le petit évent débouchant à l'arrière de l'enceinte, ce système deux voies fait appel à deux prestigieux transducteurs fabriqués spécialement sur cahier des charges J.A. Gauglin afin de répondre à des critères précis en matière de linéarité, faible distorsion et tenue en puissance. Ainsi, le haut-parleur de grave-médium de 13 cm possède une membrane en kevlar tressé enduit d'un vernis spécifique avec cache-noyau central en tissu pour éviter les effets nasillards et suspension périphérique ultra-souple assurant des déplacements linéaires. Le tweeter à dôme souple en tissu imprégné est de même facture avec bobine sur support aluminium pour une haute tenue en température.

L'ensemble assure une transcription sonore qui ne laisse échapper aucun détail, avec une tenue en puissance incroyable, sans pour autant donner l'impression de forcer. Du travail remarquablement réalisé, d'ailleurs... dans la version luxe chaque pièce de l'enceinte est numérotée.

## JBL

### Type : XPL 160

Prix indicatif : 22 000 F la paire.

Envoûtante et ensorcelleuse XPL 160 ! Difficile de ne pas succomber au charme de la restitution quasi

magique qui émane de cette enceinte. Tout droit issue des laboratoires de JBL et de l'imagination du concepteur M. Greg Timbers, cette enceinte allie tradition, haute technicité et mise au point rigoureuse. Tradition pour le magnifique haut-parleur grave de 27 cm à membrane papier corruguée, originalité pour les deux transducteurs à dôme titane, médium et aigu qui adoptent une suspension de type « diamant » pour une parfaite linéarité de déplacement. Le savoir-faire de JBL se retrouve aussi, en dehors de ces trois fabuleux transducteurs, dans la réalisation de l'ébénisterie à la finition superbe, constituée pour les côtés non-parallèles et l'arrière d'une seule plaque de médite formée sous presse. Les effets de bord sont éliminés par un très épais matelas en mousse synthétique moulée, disposé sur le baffle support.

L'écoute est somptueuse et porte incontestablement la signature JBL : linéarité hors pair, capacité dynamique diabolique et cohésion entre les différents registres qui démontrent une parfaite maîtrise du filtre de répartition. Le grave descend comme peu d'enceintes savent le faire avec beaucoup d'énergie et de fermeté et une articulation propre à JBL. A l'opposé, l'aigu analyse les moindres petits détails sans aucune résonance désagréable. Un monument ! Avec en prime un côté expressif rarement rencontré, une scène sonore d'un réalisme confondant et ce punch légendaire qui a fait la réputation de la marque. Un conseil : allez l'écouter et vous comprendrez pourquoi la XPL 160 est une des plus belles réussites du moment en matière de système trois voies aisément logeables.

## JLB MONITOR

### Type : ROGERS LS 5/9

Prix indicatif : 25 800 F la paire.

Banc d'essai dans la N.R.D.S. n° 101.

La Rogers LS 5/9 a été étudiée pour la BBC en tant que monitor de contrôle de petit volume (dimensions : 28 x 46 x 27,5 cm) de haute précision et de faible distorsion, dans la pure tradition de la légendaire LS 3/5 A. Ce système à deux voies est équipé dans le grave-médium d'un haut-parleur de 20,5 cm à cône en polypropylène copolymère avec suspension à bord roulé, châssis hyper-rigide en alliage d'aluminium, puissant circuit magnétique de 12 cm procurant un champ de 11 500 gauss et dans l'aigu d'un tweeter à dôme hémisphérique de 3,4 cm spécialement étudié selon le cahier des charges de la BBC. Le filtre très complexe, aiguille non seulement les fréquences autour de 3 kHz avec une pente de 18 dB/octave mais égalise et linéarise la réponse en fréquence de 50 Hz à 16 kHz dans un canal de 2 dB. A l'écoute, les LS 5/9 se sont avérées ultra-performantes, la scène sonore prend immédiatement une « troisième » dimension. L'étagement des plans en profondeur est remarquable variant d'une source à l'autre prouvant l'extrême transparence du système et sa mise en phase rigoureuse. Les timbres sont d'une rare justesse, les voix féminines et masculines sont reproduites avec un pouvoir expressif que seuls quelques rares systèmes de très haut de gamme sont capables de rendre. Toujours hautement musicales, elles savent sans artifice sonore trompeur, faire passer toute la sensibilité, toute l'émotion d'une inter-

prétation et vous toucher directement. Une très « grande » petite enceinte qui prouve une nouvelle fois qu'en acoustique rien ne vaut une solide expérience des phénomènes d'équilibre tonal, de réponse transitoire et de mise en phase.

## JM LAB

### Type : 708 OLYMP K2

Prix indicatif : 9 900 F la paire.

On ne présente plus la société Focal qui, à ce jour, a une position de leader en tant que fabricant français de haut-parleurs et d'enceintes acoustiques sous le nom de JM Lab. Le modèle 708 Olymp K2 se situe dans le haut de gamme de la ligne polykevlar. Référencée sous l'appellation « K2 », elle utilise pour tous ses transducteurs des membranes à structure kevlar très particulière : il s'agit d'un sandwich très fin (0,8 mm) ultrarigide et particulièrement léger, formé de deux couches de fibres de kevlar avec des micro-billes de silice et de la résine. Autre innovation, la 708 Olymp K2 dispose du nouveau filtre « High Slope ». Ce filtre réalisé avec très peu de composants par rapport aux pentes obtenues ne tasse pas la dynamique et n'introduit pas de pertes d'informations. Ce filtre a des pentes de coupure ultra-raides de 24 dB par octave. Cette disposition préserve parfaitement les avantages de réponse transitoire procurées par le 6 dB/octave, tout en réduisant notablement les phénomènes d'intermodulation pour une restitution beaucoup plus claire. La 708 Olymp K2 utilise un tweeter à dôme inversé en kevlar dans l'aigu, un médium de 13 cm et deux transducteurs de 17 cm dans le grave, tous avec membrane à structure kevlar K2. A l'écoute, la 708 se caractérise par une dynamique fantastique, une hyper-précision d'analyse et une parfaite continuité dans le rendu des timbres du grave à l'aigu.

L'image stéréo reste toujours stable et ne se modifie pas en fonction du niveau sonore, justifiant l'étude rigoureuse du filtre.

L'ensemble conserve toujours beaucoup de naturel avec, de surcroît, cette notion de facilité de suivi rythmique qui est l'apanage des systèmes bien nés. La nouvelle technologie des membranes K2 apporte un « plus » indéniable en matière de définition et de qualité des timbres.

## JEAN-MARIE REYNAUD

### Type : STUDIO 4

Prix indicatif : 22 000 F la paire.

Banc d'essai dans Son Mag n° 3

La Studio 4 était l'une des nouveautés les plus attendues des dernières Journées de la Haute-Fidélité. Il s'agit d'une colonne à quatre voies dont le principe de base « Tri-Reflex » adopté pour le grave a fait l'objet d'un dépôt de brevet et rompt avec tout ce que Jean-Marie Reynaud a pu concevoir jusqu'à maintenant, comme charge. Le « pied » de l'enceinte contient une ligne acoustique repliée alimentée par une chambre de compression placée à l'arrière d'un premier boomer de 17 cm disposé sur un plan horizontal, au niveau où la colonne s'élargit. Cette disposition procure un grave profond avec absence de traînage. Un second boomer



de diamètre identique est placé au sommet de la colonne et communique avec le premier au travers d'un système à doubles cavités couplées en bass-reflex. La ligne acoustique procure une coupure naturelle au premier boomer au-delà de 150 Hz et le second couvre toutes les fréquences jusqu'à 1 450 Hz. Après, un médium de 12 cm muni d'une ogive centrale anti-tourbillonnaire prend le relais jusqu'à 7 000 Hz. La voie aiguë est confiée à un tweeter de diamètre 19 mm à l'excellente réponse transitoire et à la directivité peu marquée.

L'écoute fait preuve d'une superbe sensation d'ouverture et d'une bande passante remarquablement étendue sans accident notoire. Le naturel est la qualité première de ces enceintes, assorti d'une spatialisation des plus convaincantes. L'assise procurée par le grave est étonnante, surtout si l'on considère l'encombrement relativement réduit du système. L'ensemble très homogène procure une grande richesse de timbres et une belle finesse sur les détails. Une admirable réussite d'équilibre et de précision, sous une taille très raisonnable, avec un véritable extrême-grave.

## KEF

### Type : 105/3

Prix indicatif : 25 000 F la paire.

Banc d'essai dans Son Mag n° 2 (n° 211).

La Kef 105/3 est un système totalement différent des anciennes versions 105, et se rapproche davantage (dans sa conception) de sa petite sœur, la 104/2. En effet, cette enceinte colonne de 1,10 m de hauteur pour une base de 28 cm de large pour 40,5 cm de profondeur et d'un poids de 42 kg, est composée en fait de deux sections : une pour les basses et une tête médium-aiguë. Le caisson grave comprend deux cavités couplées avec deux haut-parleurs grave de 20 cm travaillant acoustiquement en phase, avec une barre métallique maintenant une tension mécanique entre les deux moteurs. Le rayonnement de l'extrême-grave et du grave s'effectue par l'intermédiaire d'un évent circulaire situé à mi-hauteur et d'un diamètre de 16 cm. A l'avant, une tête médium-aiguë est rapportée, taillée dans un bloc de médite de 7,5 cm d'épaisseur et supportant deux haut-parleurs de bas-médium de 16 cm à membrane polypropylène encadrant un haut-parleur coaxial médium-aigu de 16 cm à membrane à profil exponentiel servant de pavillon au tweeter central, d'où le nom « d'Uni Q ». Le filtre complexe a été étudié non seulement pour répartir les différentes fréquences aux quatre voies indépendantes mais aussi afin de linéariser la courbe d'impédance pour obtenir une charge simple équivalente à une résistance pure de 4 Ω. Comme pour les autres modèles de la série « Reference », les 105/3 peuvent recevoir l'appui d'un petit correcteur baptisé le Kube, qui permet d'étendre la réponse jusqu'à 20 Hz en jouant sur le niveau entre 20 et 100 Hz.

La restitution sonore de la 105/3 est fidèle à l'image de marque de neutralité de Kef. Absence totale de colorations, plans sonores disposés dans l'espace avec une extrême rigueur et se détachant parfaitement les uns des autres, absence totale d'incidents de recouvrement entre les voies, respect de la phase, grave exempt

de toute forme de distorsion sont les points immédiatement décelables à l'écoute. La Kef 105/3, sans artifices (apageurs, colle parfaitement à la source en sachant la respecter et n'être jamais fatigante à la longue.

## KLIPSCH

### Type : HORN

Prix indicatif : la paire selon finition.

Banc d'essai dans la N.R.D.S. n° 106

Certainement le plus ancien système de ce panorama, la première Klipschorn est sortie voici 45 ans ! Mais pas une seule ride et au fur et à mesure des années des améliorations incessantes lui ont toujours permis de maintenir ses distances par rapport à ses concurrentes.

Or, en 1990, voici qu'elle vient de subir un important lifting avec de nouveaux haut-parleurs à circuit magnétique à la composition et à la géométrie remaniées, un nouveau filtre, des câbles de liaison de haute définition entre filtre et transducteurs. Le résultat : une transcription sonore encore plus lumineuse, d'un naturel et d'une spontanéité extraordinaire sans aucune agressivité ni coloration de pavillon, avec une linéarité subjective supérieure et toujours cette capacité dynamique qu'aucune enceinte à ce jour n'a pu égaler. Ecoutez un piano de concert sur une Klipschorn et vous serez immédiatement subjugués par la dimension réaliste de l'instrument, le rendu des attaques, la splendeur des timbres et le délié entre chaque note sur tout l'ensemble du spectre. En revenant à d'autres enceintes, elles paraissent bien fades avec un manque évident de rapidité sur les attaques et de puissance acoustique. Rappelons que la Klipschorn fait appel à un pavillon replié pour la charge du haut-parleur grave de 38 cm à suspension très rigide et que les sorties latérales du pavillon nécessitent une encoignure pour être chargées correctement.

Le médium est confié à une nouvelle chambre de compression avec pavillon exponentiel à bouche rectangulaire en matériau anti-résonnant. Le tweeter à chambre de compression, lui aussi, est muni d'un court pavillon à développement rapide. La mise en phase est très soignée, cela se ressent immédiatement par le bon placement dans l'espace des plans sonores et l'absence d'effet de projection. Un système légendaire dont la dernière version laisse encore loin derrière la concurrence sur de nombreux paramètres subjectifs.

## MAGNEPAN

### Type : MG 2.5 RT

Prix indicatif : 25 600 F la paire.

Banc d'essai dans la N.R.D.S. n° 113

Les Magnepan MG 2.5 RT constituent, à notre avis, le système le plus réussi en matière de panneau grâce à l'exceptionnelle précision du grand transducteur isodynamique associé au tweeter à ruban de grande hauteur (93 cm). La restitution en vraie grandeur atteint des sommets en ce qui concerne la vérité « émouvante » des timbres, avec une grande justesse dans la continuité des fins de notes, le délié entre chacune d'elles et la recreation de l'ambiance sonore qui a présidé à la



prise de son. Ces grands panneaux (1,80 m de haut pour 60 cm de large et 10 cm de profondeur) sont capables d'un rayonnement acoustique qui dépasse largement les possibilités des enceintes conventionnelles. On s'en rend compte immédiatement par l'impression surprenante de vérité sur les voix, les instruments à cordes qui retrouvent tout leur corps, toute leur assise avec une excellente focalisation, quelque soit le niveau sonore global d'écoute.

Le grand tweeter à ruban est capable de reproduire dans l'aigu les pointes de niveau les plus violentes avec une énergie non tronquée et une absence totale de distorsion. L'un des systèmes les plus réalistes que l'on puisse acquérir car on peut réellement retrouver chez soi l'ambiance des concerts et des studios d'enregistrement.

## MARTIN LOGAN

### Type : SEQUEL II.

Prix indicatif : 30 700 F la paire.

Adressons un petit clin d'œil à notre Muse d'Or par le biais de sa petite sœur Martin Logan Sequel II. Une enceinte en de très nombreux points identique que l'on pourra mieux connaître en suivant l'article détaillé sur la Monolith III. La Sequel II se distingue par une surface plus réduite de l'élément électrostatique avec, pour le grave, un haut-parleur électrodynamique de plus petit diamètre. La membrane de l'électrostatique reçoit une vaporisation de particules conductrices sous vide, selon une technique très sophistiquée. La solution retenue pour le filtrage est ici passive et offre la possibilité de choisir entre mono et bi-câblage. Détail très intéressant : le module moyen d'impédance tourne autour de 6 ohms avec un minimum de 2 ohms. Les Sequel II peuvent fonctionner avec un large éventail d'amplificateurs allant de 80 à 200 W.

Comme il se doit pour une enceinte de cette classe, la sélection des composants du circuit de polarisation, ceux du filtre, la finition sont de facture exceptionnelle. Les performances subjectives sont confondantes de naturel. Les voix retrouvent leur véritable dimension, aidées en cela par une assise somptueuse dans le bas du spectre et une large ouverture sur la scène sonore. Oubliées les traditionnelles colorations de mylar froissé dans l'aigu propre à nombre d'électrostatiques et les lourdeurs dans le grave de beaucoup de systèmes hybrides. La Sequel II procure une transparence, une légèreté, une définition qui vous rapprochent de la source. Les Sequel II, nettement plus abordables que les Monolith III, permettent d'accéder à une certaine forme de pureté sonore sans compromis.

## METRONOME TECHNOLOGIE

### Type : REFERENCE M.T. 1

Prix indicatif : 8 250 F la paire.

Banc d'essai dans la N.R.D.S. n° 139.

Métronome Technologie est une jeune société française qui s'est déjà taillée une solide réputation aux USA, Canada et Extrême-Orient avec son enceinte de forme pyramidale MT 1 qui répond aux plus hauts critères de musicalité, avec une présentation spatiale superbe de l'image stéréo.

Ce petit système d'une hauteur de 34 cm pour une largeur de 24,5 cm et une profondeur de 33 cm a une forme de pyramide tronquée extrêmement favorable à l'obtention d'une rigidité maximale avec diminution des irrégularités d'ondes stationnaires internes et élimination des effets de bord, le tweeter étant totalement dégagé sur la partie supérieure de l'enceinte, avec une mise en phase acoustique précise, par décrochage dans l'espace. Des renforts internes rigidifient le coffret réalisé en médite de 22 mm. L'amortissement interne est effectué par des matériaux goudronnés ayant un meilleur comportement sur la réponse transitoire que la laine de verre. Le grave-médium est confié à un 17 cm de grande linéarité coupé à raison de 6 dB par octave, cette formule a été choisie par rapport à 12, 18 ou 24 dB/octave à la suite de nombreuses écoutes. Ce filtre fait appel à une self surdimensionnée à noyau sur air (insaturable) avec condensateurs polypropylène (meilleur comportement, pertes très faibles et une fiabilité exceptionnelle). Le tweeter à dôme souple hémisphérique fait partie des meilleurs transducteurs d'aigu actuellement disponibles pour sa réponse transitoire et son absence de distorsion. A l'écoute, les MT 1 se caractérisent par un superbe équilibre lié à une notion permanente d'ouverture. Elles s'effacent devant la musique à reproduire et l'on a peine à croire qu'une image sonore d'aussi grande dimension provienne de si petites enceintes. Jamais fatigantes à la longue, les MT 1 s'avèrent ultra-précises, même sur les messages sonores les plus complexes. Une révélation !

## MISSION

### Type : 767

Prix indicatif : 36 900 F la paire.

La Mission 767 est un système colonne (de 1,40 m de hauteur pour une base de 27 x 43 cm) à trois voies de type clos équipé de cinq haut-parleurs disposés symétriquement de part et d'autre du tweeter selon une configuration particulière afin d'obtenir un contrôle parfait de la directivité aussi bien au plan horizontal que vertical. Le coffret de la 767 a été étudié sur ordinateur afin de lutter contre toutes vibrations parasites à l'aide de renforts appropriés. Le grave est reproduit par deux haut-parleurs de 21 cm à cône en matériau synthétique homopolymère, attaqués indépendamment par une électronique spécifique sous le nom de LFAU basée sur des étages d'amplification de type Cyrus, mais avec circuit de compensation d'amplitude et de phase que l'on peut ajuster en fonction de l'environnement acoustique de la salle d'écoute. Deux bas-médiums de 17,5 cm prennent ensuite le relais couvrant les fréquences jusqu'à 2,5 kHz. Au-delà un tweeter à dôme souple avec châssis en magnésium et amorce de pavillon elliptique détaille les fréquences élevées. Le système est prévu pour la multi-amplification et le bi-câblage et des cônes sont prévus pour assurer un découplage parfait à l'ensemble du système.

Ceux qui ont eu la chance d'écouter cette enceinte ont pu immédiatement se rendre compte de l'incroyable étendue de la gamme des fréquences jusque dans l'extrême-grave, sans effet d'intermodulation sur les autres registres, ainsi que de l'impact « physique » sur les transitoires et la pureté des timbres de ce grand

ystème. Avec le module électronique LFAU, on peut exactement modeler la courbe de réponse dans le grave en fonction des caractéristiques acoustiques de la pièce et obtenir un articulé et une compréhension dans la succession des notes basses qui facilitent énormément le suivi mélodique.

## MORDAUNT-SHORT

### Type : 3-30

Prix indicatif : 2 980 F la paire.

Banc d'essai dans la N.R.D.S. n° 134.

Mordaunt-Short a su, avec ses modèles MS 3-20 et MS 3-30, s'imposer dans une gamme de prix où pourtant la concurrence est sévère. Mais en mettant en application à la perfection des principes simples et en ne lésinant pas sur la qualité des transducteurs, il a su obtenir ce « plus » par rapport à la concurrence qui différencie un petit système correct d'un « grand » système musical. Cela tient souvent d'une mise au point rigoureuse à la suite, après détermination des divers paramètres et élaboration des prototypes, de longues séances d'écoute. Nous sommes sûrs que le ou les concepteurs de la MS 3-30 sont souvent allés au concert pour avoir su tirer des caractéristiques si évidentes de suivi mélodique, ces timbres limpides et justes en hauteur, cette cohérence de diffusion sonore qui se traduit par une image stéréo très large qui semble repousser les murs de la pièce, pour vous environner d'un véritable « bain » musical. Les MS 3-30 ne sont guère volumineuses (46 x 23 x 26 cm) et équipées d'un haut-parleur grave-médium de 21 cm à membrane polypropylène chargée de carbone à profil légèrement exponentiel et tweeter à dôme métal avec suspension polyamide. Mais quel grand son ! Des plus petites formations jusqu'aux grandes masses orchestrales, quelle transcription vivante et à un prix abordable. A conseiller sans réserve d'autant plus que sa séduction n'est pas passagère : plus on les écoute, plus on a envie d'écouter de la musique.

## MULIDINE

### Type : ACCORD

Prix indicatif : 11 660 F la paire.

Banc d'essai dans la N.R.D.S. n° 131.

Les enceintes Mulidine font appel à un principe de charge hautement sophistiqué qui linéarise totalement les résonances parasites tout en améliorant la réponse transitoire. Le modèle dénommé Accord reprend cette charge spéciale, dite « double quart d'onde accordée », formée par une multitude de petits tubes de diamètres différents noyés dans du plâtre. Système deux voies, le transducteur grave-médium est un Focal de 18 cm équipé d'une ferrite de grand diamètre qui procure un rendement élevé et un taux de distorsions assez faible. Le tweeter Focal est à dôme inversé en fibres de verre tressées. Le volumineux circuit magnétique procure une réponse transitoire ultra-rapide. L'Accord possède de ce fait un rendement élevé de 93 dB/1 W/1 m. La transition entre les registres grave/médium et aigu est effectuée par un filtre dont les caractéristiques ont été optimisées en fonction des spécifications de la charge et de celles des haut-

parleurs. Des lignes de masse séparées autorisent le bi-câblage ou la bi-amplification.

L'ébénisterie de cette colonne de 102 cm de haut sur 23 cm de large et 24 cm de profondeur est recouverte d'un superbe placage noyer d'Amérique. De plus et tout comme sur sa petite sœur, l'Arcade, l'enceinte acoustique est solidaire du pied qui positionne le tweeter au niveau de l'oreille d'un auditeur assis.

Quels que soient les messages que nous avons donné à restituer à l'Accord, les résultats furent plus qu'excellents. Un grave et un extrême-grave dotés d'une netteté exemplaire, sans distorsions subjectives apparentes, un médium riche et dégagé, ouvert, très intelligible, en relation avec un aigu qui monte haut sans résonance désagréable. La finesse de transcription est présente en permanence à tout niveau d'écoute, avec un étonnant délié qui facilite la compréhension du suivi musical.

## ONKYO

### Type : GS-1

Prix indicatif : 150 000 F la paire.

Banc d'essai dans la N.R.D.S. n° 137.

Onkyo est le premier fabricant mondial de haut-parleurs et son expérience en matière de transducteurs s'étend dans tous les domaines d'application. Aussi, quand le département de recherches de cette firme a voulu réaliser un système sans compromis, il n'a pas lésiné sur les moyens. Le résultat : la fabuleuse GS-1, système deux voies à multiples pavillons qui, en matière de réalisme sonore, atteint des sommets encore jamais égalés.

En effet, la GS-1 répond à un cahier des charges extrêmement rigoureux spécifiant : le respect de la réponse temporelle uniformément répartie sur toute la bande audio, l'élimination de tout phénomène de sonorité de pavillon, la suppression des vibrations parasites de parois. Aussi il ne faut pas s'étonner que la GS-1, malgré un encombrement très raisonnable (63 x 106 x 61,5 cm) pèse près de 117 kg. La section grave comprend deux haut-parleurs de 28 cm à bobine mobile de 10 cm chargés chacun par un pavillon exponentiel avec pièce de mise en phase centrale. Le coffret est réalisé avec des parois en structure sandwich de dix couches (!) de matériaux différents. La voie médium-aiguë est confiée à une chambre de compression aux performances exceptionnelles avec diaphragme en titane et pavillon à formule d'expansion complexe pour éviter tout effet de cornet ou nasillard.

Le filtre à masse séparée et multiples straps de réglage autorise le bi-câblage ou la bi-amplification ainsi que l'adaptation optimale des niveaux en fonction de l'acoustique de la pièce. A l'écoute, le système GS-1 est absolument irrésistible par la rapidité inouïe du grave, l'analyse hyper-poussée des moindres informations de détails qui procurent toute l'intensité dans la transcription de l'émotion d'une œuvre musicale avec une cohésion sonore extrême entre les divers registres. L'énergie et la puissance acoustique sont enfin proches de ce que l'on ressent au concert. Les GS-1 font partie des grands systèmes marquant qui font fi des contraintes habituelles pour le seul plaisir d'une extraordinaire musicalité.



## P.E. LEON

### Type : QUATTRO

Prix indicatifs : 6 450 F la paire.

Banc d'essai dans la N.R.D.S. n° 117.

La Quattro est une enceinte de petit volume (30×18×26 cm) de conception originale à deux voies et trois haut-parleurs, dont l'écoute est surprenante d'ampleur, d'aération, de finesse, avec une capacité dynamique extraordinaire. La tenue en puissance sans distorsion audible est exceptionnelle jusque dans le grave reproduit avec assurance et fermeté. Il faut voir ici les bienfaits du principe de charge par autorégulation (brevet P.E. Léon) qui met en œuvre en couplage mutuel deux haut-parleurs disposés l'un derrière l'autre chargés respectivement pour le premier par un coffret clos et pour le deuxième par un volume de type bass-reflex avec évent débouchant à l'arrière de l'enceinte. Par ce procédé on a une très nette amélioration de la réponse instantanée, une diminution de la distorsion et une tenue en puissance remarquable avec lissage naturel des éventuelles irrégularités de la courbe de réponse dans le grave. Les deux haut-parleurs de grave-médium possèdent une membrane en polypropylène chargé de carbone particulièrement neutre. Le tweeter à dôme hémisphérique de 25 mm est équipé d'une membrane en alliage métal avec décompression arrière. Le coffret hyper-rigide et le filtre relié en direct avec des masses distinctes (en étoile) concourent à l'absence de coloration et à la grande précision sur les transitoires. Il s'agit d'un véritable « phénomène » qui, sous un volume très réduit est capable de transcrire tous les genres musicaux avec une vie, une vérité peu communes et une impression spatiale grandiose. Etonnant !

## POINT SOURCE

### Type : ARIA FIVE

Prix indicatif : 9 900 F la paire.

L'étude de la Point Source Aria Five est basée sur des travaux du chercheur américain Joseph d'Appolito concernant la disposition symétrique des haut-parleurs de part d'autre du tweeter afin d'obtenir une directivité parfaitement contrôlée dans les plan vertical et horizontal avec des diagrammes polaires très réguliers. Pour ce faire, le filtre et le coffret de l'enceinte acoustique ont été étudiés spécialement en fonction de cette disposition particulière. Les haut-parleurs de grave-médium d'origine Focal sont des 13 cm à membrane en sandwich de kevlar et de résine avec des micro-billes de silice. Le tweeter placé entre les deux haut-parleurs possède un dôme inversé en kevlar avec suspension mousse périphérique pour assurer une bonne réponse transitoire sans traînage. Le filtre de répartition est muni d'un circuit RLC pour linéariser parfaitement la courbe de réponse autour de la fréquence de résonance fondamentale du tweeter. Extrêmement bien étudié, ce petit système dégage une impression de totale liberté sur les transitoires avec une ouverture exceptionnelle sur l'image stéréo. On dirait une large baie ouverte sur la musique tant les Aria Five « disparaissent » au profit d'une scène sonore parfaitement structurée. Elle justifie vraiment son patronyme de Point Source tant

la ponctualité des sources est rigoureusement respectée. Une voix a des dimensions humaines, parfaitement placée en hauteur et bien stable entre les deux enceintes... superbe. On ne se sent pas frustré par un manque de niveau dans le grave, par rapport au volume, la gamme des fréquences en-dessous de 150 Hz est reproduite avec nervosité et rigueur, sans traînage, facilitant le suivi mélodique d'une section basse. Superbement finies, elles s'intégreront avec un égal bonheur dans tous les styles d'intérieur. A conseiller vivement à tous ceux qui aiment la précision d'analyse liée à une très grande ouverture sous un faible volume.

## PRO-AC

### Type : RESPONSE TWO

Prix indicatif : 23 800 F.

Banc d'essai dans la N.R.D.S. n° 136

Les enceintes de ce constructeur anglais se sont rapidement taillées une réputation de grande distinction sonore en France auprès des audiophiles passionnés de musicalité. La Response Two est la dernière-née des systèmes deux voies respectant un cahier des charges très strict avec une finition et des composants de qualité irréprochable. Sous un volume assez réduit (46×23×26 cm), la Pro-Ac Response Two est équipée de deux haut-parleurs Celef Audio. Le grave est reproduit par un 17 cm à membrane polypropylène, le haut du spectre est transcrit par un tweeter à dôme polyamide, sa bobine baignant dans du ferrofluide. La Response Two est une bass-reflex. L'évent a été optimisé afin d'annihiler tous les bruits parasites d'écoulement d'air tout en procurant un excellent amortissement. La rigidité extrême du coffret constitué de panneaux de médite de 25 mm assure une rigidité parfaite à l'ensemble. L'écoute de la Pro-Ac Response Two ne faillit pas à la tradition de rigueur de cette marque. Une image magnifiquement mise en place, une tenue en puissance hors du commun pour une enceinte d'un tel volume, un grave bien présent et dynamique avec un médium à la fois doux et défini. Beaucoup d'élégance et de finesse sur la reproduction des voix et des instruments à cordes ainsi qu'un bon équilibre tonal donnent à penser que la Response Two saura satisfaire les mélomanes les plus exigeants. Il est à noter que le bi-câblage ou la bi-amplification amèneront un élargissement de l'espace sonore et une plus grande aération.

## QUAD

### Type : ESL 63

Prix indicatif : 27 800 F la paire.

Indémoudables, les Quad ESL 63, « comme quoi » un transducteur bien né peut affronter les années sans prendre une ride. Il suffit de l'écouter pour se rendre compte de l'incroyable précision dans l'emplacement de chaque instrumentiste dans l'espace grâce à une linéarité exemplaire sur tout le spectre audible et une mise en phase rigoureuse à toutes les fréquences. Les ESL 63 font partie de ces rares modèles pris automatiquement comme référence dès que l'on veut comparer d'autres enceintes acoustiques. Même les professionnels du son ont reconnu que pour le placement correct



de leur micros, l'obtention d'une scène sonore cohérente, il fallait pour cela une paire de Quad ESL 63 en plus de leur monitor courant. C'est peut-être le seul système à savoir récréer l'ambiance sonore exacte des lieux d'enregistrement en l'intégrant parfaitement au reste de la restitution.

Ce transducteur électrostatique présente des caractéristiques uniques avec ces électrodes annulaires concentriques attaquées par l'intermédiaire d'une ligne de retard, afin de créer une source fictive en arrière plan des enceintes, toujours parfaitement en phase quelle que soit la fréquence reproduite. Il ne faut pas oublier qu'à l'heure actuelle, Quad est le plus ancien fabricant de haut-parleurs électrostatiques du monde et que, de ce fait, il a acquis une expérience enviable en matière de reproductibilité des performances d'un panneau électrostatique à l'autre, avec une fiabilité que bien des concurrents lui envient. La Quad ESL 63, elle, est entrée depuis longtemps dans la légende...

## QUART

### Type : 980 S II

Prix indicatif : 15 960 F la paire.

Banc d'essai dans la N.R.D.S. n° 123.

Ce système colonne de 1 m de haut pour 28 cm de côté dispose de quatre haut-parleurs se répartissant les gammes de fréquences respectives de 20 à 350 Hz / 35 Hz à 500 Hz / 500 Hz à 3 kHz et au-delà de 3 kHz. Les deux haut-parleurs de grave de 20,5 cm sont unanimement appréciés pour leur extrême rapidité de réponse transitoire et leur absence de traînage, s'alliant à merveille avec les caractéristiques du médium à dôme aluminium de 5 cm de diamètre et l'hyper-précision du tweeter à calotte hémisphérique en titane de 2,5 cm. La courbe de réponse très étendue de 28 à 32 000 Hz (!) s'avère sans accident parasite procurant un remarquable équilibre tonal à l'écoute. La grande puissance admissible de 160 W conjuguée à un bon rendement, confèrent une capacité dynamique hors du commun par rapport à la taille de l'enceinte. Mais le plus surprenant réside, à l'écoute, dans l'hyper-définition de ce système avec une articulation entre les notes qui, sur certains registres, les rapprochent de quelques transducteurs à ruban ou électrostatiques, tant la rapidité du temps d'établissement est grande sans traînage. Tout est analysé et fouillé avec un soin extrême et un pouvoir de résolution qui dépassent ceux des classiques systèmes électrodynamiques. Si vous ajoutez à cela une finition dans la construction que bien des enceintes concurrentes pourraient lui envier, sans nul doute vous avez affaire à une enceinte de prestige aux caractéristiques hors du commun.

## REHDEKO

### Type : RK 175-4S

Prix indicatif : 39 440 F la paire.

M. Weber Rehde, électronicien danois, suite à une carrière de musicien de réputation internationale, s'est intéressé à la reproduction sonore dès 1960 en mettant au point le premier microphone réverbérant puis des haut-parleurs spécifiques à chambre de réverbération

et ligne de retard. C'est en 1968 qu'il créa sa propre entreprise sous le nom de Rehdeko, mettant en application sur ses enceintes acoustiques, ses principes de haut rendement et haut pouvoir de résolution associés à une très grande intelligibilité.

Son tout dernier système RK 175-4S ne faillit pas à cette tradition de dynamique exacerbée, procurant ce caractère ultra-vivant que l'on rencontre dans la réalité. Ce système trois voies de dimensions moyennes (96 x 50 x 37 cm) est équipé d'un haut-parleur grave de 30 cm à membrane traitée (par imprégnation intégrale de différentes essences naturelles, en plusieurs zones bien délimitées, révélées à la suite des études en laboratoire), suspension périphérique très rigide et circuit magnétique surpuissant, large médium et haut-médium de 26 cm recevant le même type de traitement et tweeter elliptique de 12 x 9 cm avec soucoupe diffuseuse procurant une très haute énergie de rayonnement. Le rendement extrêmement élevé de 106 dB/1 W/1 m permet à la RK 175-4S d'atteindre des niveaux de 123 dB (!) avec seulement 10 W. Elle est capable de passer les pointes de modulation sans tassement et avec un minimum de distorsion. L'ébénisterie est toujours réalisée en hêtre massif procurant, sous forme de multiplis, une très haute densité. La finition laquée noire est parfaite et rehausse le caractère luxueux de l'enceinte. La transcription sonore d'un tel système est hyper-dynamique, sans phénomènes de distorsion d'intermodulation, avec des attaques vertigineuses et de grande netteté.

## REVOX

### Type : PICCOLO

Prix indicatif : Piccolo : 2 200 F la paire ; caisson grave : 2 675 F.

Banc d'essai dans la N.R.D.S. n° 102

Le système Piccolo fait appel à deux petites enceintes de seulement 22 cm de haut pour 14 cm de large et 14,5 cm de profondeur équipées d'un remarquable système deux voies, qui peuvent être assistées dans le grave et l'extrême-grave d'un caisson subwoofer muni d'un 30 cm. Cet ensemble se caractérise par une précision d'analyse extraordinaire avec une capacité dynamique incroyable par rapport à la taille du système. Contrairement à de nombreux systèmes triphoniques, on n'assiste pas à un glissement de l'image stéréophonique du caisson de grave vers les satellites mais, au contraire, la restitution globale est très stable avec des plans bien étagés en profondeur. La vie est toujours présente avec ces petites enceintes qui prennent vraiment très peu de place mais qui possèdent la spontanéité et la « pêche » des grands systèmes sans être jamais fatigantes à la longue. La finition est digne des autres produits Revox, sans compromis et la fiabilité à la hauteur. A conseiller sans réserve.

## SELAC

### Type : HG 108

Prix indicatif : 27 600 F la paire

Banc d'essai dans la N.R.D.S. n° 131.

Kevlar plus titane, le curriculum vitae de la HG 108 s'annonce sous le signe de la haute-technologie. Son

concepteur a en effet œuvré pour proposer une enceinte de prestige qui « cadre » parfaitement avec les conditions habituelles d'écoute domestique. Ainsi, le HG 108 se présente sous une superbe ébénisterie de 108 cm de haut pour un encombrement au sol de 35 x 46 cm. Son poids inhabituel de 50 kg est dû principalement aux épaisseurs de parois qui vont de 3 à 6 cm (!) au niveau du baffle support. Dans le grave, on trouvera un magnifique 30 cm élaboré sur un cahier des charges très précis. Ce transducteur se caractérise par une membrane sandwich en kevlar et nid d'abeille hyper-rigide réalisé à la demande de Selac. Il est chargé par une double cavité accordée avec évent laminaire bass-reflex. Au-dessus, le médium de 13 cm en kevlar tressé prend le relais suivi d'un tweeter à dôme titane. La position relative dans l'espace de ces trois transducteurs pour une bonne mise en phase acoustique privilégie la cohésion de l'image stéréophonique et la linéarité du spectre, aidé en cela par un filtre très élaboré, optimisé aussi sur les critères de propagation de groupe constant. A l'écoute, neutralité, cohérence des timbres et dynamique nous ont particulièrement séduits.

La bande passante, subjectivement très linéaire, apparaît également très étendue à ses deux extrémités et l'image stéréophonique est d'une grande précision, ample, large et parfaitement focalisée, de toute beauté. Enfin, signalons que la HE 108 existe également sous l'appellation « Génois » qui ne peut laisser indifférent avec ses saladiers en bronze et son superbe vernis façon marine...

## SIA

### Type : BC 100

Prix indicatif : 7 000 F la paire.

Banc d'essai dans la N.R.D.S. n° 133.

L'enceinte colonne BC 100 est l'aboutissement de longues recherches de la part de la société SIA équipée d'un laboratoire ultra-performant. Elle représente une nouvelle approche d'un système deux voies aux performances indiscutables. Le tweeter à dôme hémisphérique en polyamide possède des qualités de définition et de précision appréciées unanimement. La charge du haut-parleur grave-médium est de type à volume constant avec, à l'intérieur, un haut-parleur passif de 16 cm. Le grave/médium actif d'origine Davis, mais tenant compte du cahier des charges SIA, a un diamètre de 21 cm. Il se trouve au-dessus du tweeter pour l'obtention d'une diffusion sonore plus homogène. L'évent sort vers le bas de l'enceinte. Il rayonne sur 360°. Il est dégagé du sol grâce à une base support qui surélève la BC 100 de 10 cm.

Le filtre passif se trouve dans un boîtier indépendant à l'extérieur de l'enceinte à placer à proximité de l'amplificateur. La liaison vers les enceintes s'effectue selon la technique du bi-câblage avec prises de liaison XLR. Ainsi l'amplificateur regarde une charge beaucoup plus stable.

La prestation sonore des BC 100 est d'un remarquable niveau. Grande cohésion de transcription, image sonore parfaitement bien focalisée, remplissant parfaitement le volume d'écoute. L'excellente précision des attaques avec absence de traînage sont immédiatement détectables à l'écoute. La tenue en puissance des BC 100 étonnera ceux qui croient encore qu'une

enceinte au volume restreint ne peut reproduire des niveaux aussi élevés. Le grave possède une ampleur et une énergie hors du commun compte tenu, là encore, du volume de l'enceinte. La DC 100 est, par ses nombreuses qualités tant musicales que techniques, une enceinte acoustique qu'il ne faudra pas oublier à l'heure du choix car elle mérite vraiment toute votre attention, toutes ses qualités sont indiscutablement évidentes, traduisant une mise au point très poussée.

## SONY

### Type : APM-22 ES MKII

Prix indicatif : 4 000 F la paire.

Cette enceinte ultra-compacte de 29 x 11,5 x 32 cm, mise au point par Sony, est équipée d'un système à deux voies très particulier avec haut-parleur grave-médium à membrane plane et tweeter à dôme hémisphérique souple.

La membrane carrée du haut-parleur grave-médium, dit APM, d'une surface rayonnante de 290 cm<sup>2</sup>, est composée d'une structure nid d'abeilles très légère, mise en mouvement en quatre points par un gigantesque circuit magnétique, assurant une réponse transitoire ultra-rapide avec un minimum de traînage. De la bobine de 5 cm de diamètre partent 4 branches qui prennent appui sur des points particuliers de la membrane plane suite à des études très poussées sur les déformations de structure, par des méthodes holographiques et simulation sur ordinateur. Il en résulte un travail en piston sur une large gamme de fréquences avec un minimum de distorsion et une très grande puissance admissible par rapport à la taille de l'enceinte : 160 W. Le tweeter détaille les harmoniques supérieurs avec une extrême précision tout en restant dans la même famille sonore que le haut-parleur grave-médium APM. Extrêmement équilibrées, jamais agressives, les APM-22 ES II savent reproduire tous les types de musique avec une neutralité exemplaire et marquent bien les différences de prise de son, preuve de leur transparence. L'excellente mise en phase facilite l'appréciation de l'étalement des plans sonores aussi bien droite-gauche qu'en profondeur. Un système que l'on apprécie au fur et à mesure des heures d'écoute.

## STEREOLITH

### Type : DUETTO

Prix indicatif : enceinte stéréophonique : 4 550 F.

Banc d'essai dans Son Mag n° 1 (nouvelle série).

Suite à des études très poussées sur la perception binaurale et la diffusion stéréophonique, l'acousticien suisse M. Walter Schupbach a réalisé une enceinte stéréophonique de forme pyramidale à diffusion bilatérale. Chaque pan incliné de la Duetto est équipé d'un système deux voies de haute qualité, capable de reproduire une très large gamme de fréquences avec une directivité parfaitement contrôlée. De par son mode de diffusion, la Stereolith recrée l'espace stéréophonique sans « trou » au centre, avec une excellente cohésion sonore, une grande stabilité et cela, quelle que soit la position de l'auditeur dans la zone d'écoute. Ainsi par rapport à un système classique à deux enceintes, les



contraintes de placement sont beaucoup moins importantes, avec un encombrement minimal assurant une plus grande discrétion dans l'environnement domestique habituel. En dehors de ses étonnantes capacités à reproduire une image stéréophonique bien structurée, en conservant une bonne ponctualité des sources fictives, la Stereolith possède par rapport à sa taille une capacité dynamique surprenante qui fait face aux pointes de niveau les plus violentes sans impression de tassement ou d'écrêtage parasite. De par son mode de diffusion, cette enceinte stéréophonique de seulement 40x40x40 cm est aussi capable de restituer toute l'ambiance sonore qui a présidé aux prises de son avec beaucoup de naturel.

## **SUPRAVOX**

### **Type : DANUBE**

**Prix indicatif : 1 990 F la paire.**

Banc d'essai dans la N.R.D.S. n° 138.

Supravox est l'un des plus anciens spécialistes du haut-parleur large bande en France. Les légendaires réalisations telles que le 215 ont été unanimement appréciées par les professionnels preneurs de son ainsi que par les audiophiles de la première heure. Fidèle à sa tradition de haut rendement, de clarté de transcription et de réponse transitoire ultra-rapide, Supravox propose une gamme de nouvelles enceintes de dimensions ultra-compactes sous les noms de Danube et Egée. La Danube est un petit système à deux voies (20x24x37 cm) équipé d'un haut-parleur grave-médium de 13 cm et d'un tweeter à dôme hémisphérique, avec un filtrage simple mais efficace pour ne pas perdre de la définition. Le haut-parleur grave-médium possède une membrane en pulpe de cellulose de profil légèrement exponentiel avec, suivant une tradition Supravox, une suspension petits plis traités assez raides, assurant un rappel énergétique en position de repos. Le circuit magnétique surpuissant est composé de deux ferrites de grand diamètre, celle positionnée à l'arrière orientant les lignes de forces du champ magnétique vers l'entrefer en augmentant légèrement la densité de flux. Le tweeter à dôme souple est un modèle de précision dans l'analyse des harmoniques supérieurs.

Extrêmement vivantes, les petites Danube respirent la santé musicale. On ne risque pas de s'ennuyer en leur compagnie tant elles facilitent la compréhension du suivi mélodique tout en gardant une extrême transparence avec une hyper-rapidité sur les transitoires et cela, sans coloration cartonneuse ni effet nasillard. Elles sont de plus capables d'encaisser de forts niveaux sans distorsions subjectives désagréables et conservent toujours une très haute intelligibilité même sur les formations orchestrales les plus complexes. Un petit système comme on les aime, plein de vie et de ressources musicales, ayant indéniablement un caractère entraînant.

## **SYNONYME EFX**

### **Type : CONTACT**

**Prix indicatif : 14 200 F la paire.**

Le constructeur de la région de Bordeaux, Synonyme, a su étudier et réaliser une gamme

d'enceintes colonnes très réussies grâce à d'excellentes combinaisons de haut-parleurs et de filtres, parfaitement optimisées, avec des charges bien pensées pour éliminer les phénomènes de traînage.

L'enceinte colonne Contact de 1,10 m de hauteur pour 39 cm x 29 cm de base et d'un poids de 32 kg est dans la ligne d'esthétique sonore des autres modèles : hyper-aération, grande capacité dynamique, mais surtout ce sentiment de liberté et d'expression sonore sans contraintes grâce à un recouvrement parfait de l'énergie sonore des trois haut-parleurs constitutifs. En effet, dans le grave, on trouve un 20 cm à membrane papier avec charge par décompression laminaire, les événements débouchant à l'arrière des panneaux latéraux, ensuite un médium de 17 cm à membrane kevlar travaillant en large bande (certainement le secret de cette absence de contraintes dans la zone de fréquence où l'oreille a le maximum de sensibilité) et un tweeter capable de reproduire les écarts dynamiques sans tassement. Le filtre de 6 dB/octave a été câblé en étoile avec des masses séparées qui autorisent sans problème le bi-câblage qui apporte toujours une ouverture supplémentaire. La colonne bénéficie d'une très belle finition avec un plateau supérieur en verre noir, baguettes demi-rondes en chêne ciré qui affinent la ligne et tissu en jersey noir acoustiquement transparent. Cette colonne est à découvrir comme les autres modèles Synonyme car elle apporte à partir de haut-parleurs électrodynamiques une transparence sonore d'un rare raffinement.

## **TANNOY**

### **Type : DC 3000**

**Prix indicatif : 10 940 F la paire.**

Banc d'essai dans la N.R.D.S. n° 135.

Tannoy avec la série 90 a mis à profit sa longue expérience des haut-parleurs coaxiaux, tout en introduisant de nouvelles techniques telles que les filtres à câblage direct avec masses séparées autorisant le bi-câblage et l'utilisation de différents matériaux pour la membrane et la suspension du tweeter coaxial sous le nom de DMT (Differential Material Technology). Avec ce dernier principe, l'auto-amortissement est plus important et nivelle les éventuelles résonances parasites.

On retrouve donc ces diverses technologies sur l'enceinte colonne DC 3000 (91x26x30 cm) équipée de deux haut-parleurs de 21 cm, l'un pour le registre grave jusqu'à 400 Hz et l'autre de type coaxial couvrant toute la gamme des fréquences en large bande et fonctionnant en parallèle avec le haut-parleur de grave. Les membranes sont identiques pour les deux haut-parleurs, moulées dans du copolymère polyoléfin de grande rigidité par rapport à la masse. Le tweeter coaxial possède une membrane sous forme de dôme en aluminium monté sur une suspension en polyamide selon la technique DMT.

A la base du coffret, on trouve une cavité qui peut être remplie de 15 kg de billes de plomb procurant non seulement une base stable, mais améliorant considérablement la netteté des transitoires dans le grave, ainsi que l'impression de corps et de naturel jusque dans le haut-médium. A l'écoute, la DC 3000 présente un équilibre tonal très linéaire avec un caractère doux et plein de relief sans agressivité mais restant toujours



très défini. L'image stéréophonique, grâce certainement au principe coaxial, est superbe, se formant en arrière-plan des enceintes avec une rare stabilité et une ampleur peu commune. Un système très bien pensé, faisant appel à des techniques éprouvées avec une mise au point parfaite des moindres détails qui peuvent améliorer grandement la restitution sonore.

## TECHNICS

### Type : SST1 + SST 35 Hz

Prix indicatifs :

SST1 : 9 500 F la paire ; SST 35 Hz : 18 000 F la paire.

Si une enceinte est originale par sa forme et son principe de charge, c'est bien la SST1 de Technics ainsi que le caisson de sous-grave qui peut lui être associé sous le nom de SST 35 Hz. En effet, la SST1, afin de reproduire les fréquences les plus basses avec du niveau et un minimum de distorsion, utilise pour charger un haut-parleur de 14 cm un double labyrinthe replié de longueurs 3,6 et 2,6 m. Cette « technique » apporte les bienfaits d'un rendement élevé tout en linéarisant les problèmes de résonances parasites, propres aux pavillons. Afin d'améliorer le rendement en-dessous de 100 Hz, là où se présentent généralement des différences de phase entre l'événement et l'arrière du pavillon, les ingénieurs de Technics ont prévu un profil particulier au pavillon avec un étranglement qui augmente la pression et favorise ainsi la zone de fréquence où l'atténuation naturelle du haut-parleur est la plus sensible. Ce rétrécissement joue aussi le rôle de filtre acoustique pour éviter l'émission des fréquences moyennes et hautes par l'embouchure qui pourrait se trouver hors phase par rapport à l'émission principale du haut-parleur. Celui-ci bénéficie d'une membrane en pulpe de chitine, matériau qui associe une grande légèreté avec une extrême rigidité. Le caisson de sous-grave SST 35 Hz en forme de gros champignon reprend le principe de la charge symétrique qui permet d'obtenir un rendement élevé entre 30 et 100 Hz avec un minimum de distorsion.

Les résultats d'écoute sont étonnants en matière de précision et d'étendue de la gamme des fréquences reproduites. La charge par pavillon replié joue parfaitement son rôle sans apporter de colorations désagréables, avec beaucoup de délié dans l'analyse des fréquences autour de 100 Hz. Avec le « champignon » de grave SST 35 Hz, la réponse dans l'extrême-grave est fabuleuse sans trace de distorsion et l'accord parfait avec les SST1. Des systèmes originaux à la transcription sonore très libre et vivante qui changent radicalement du design habituel des enceintes acoustiques conventionnelles.

## TRIANGLE

### Type : LATITUDE

Prix indicatif : 42 000 F la paire.

Le panneau Latitude représente la synthèse des recherches menées par Triangle depuis trois ans sur la réalisation d'un transducteur électrodynamique à très large capacité dynamique, avec un minimum de traînage. Le choix du panneau baffle plan a été dicté par les impératifs théoriques de charge optimale pour obtenir la meilleure réponse impulsionnelle possible et, par voie de conséquence à l'écoute, ce sentiment uni-

que de naturel et d'aération. Pour ce faire, le panneau Latitude est équipé d'un système trois voies composé de la manière suivante : quatre haut-parleurs de grave de 17 cm, un grave-médium de 17 cm travaillant en large bande et un tweeter à pavillon détaillant les harmoniques supérieurs. Le filtre très sophistiqué assure non seulement la fréquence haute de coupure des haut-parleurs grave, mais aussi celle basse du tweeter 13 kHz à raison de 6 dB/octave, mais aussi le réseau de correction spécifique et diverses possibilités de réglage étudiées en fonction des différents locaux dont les volumes peuvent aller de 40 à 160 m<sup>3</sup> et de leur position dans la pièce. Ces grands panneaux de 1,88 m de haut pour 56 cm de large et 16 cm de profondeur ont un rendement très élevé de 96 dB/1 W/1 m.

L'écoute est absolument somptueuse, avec une capacité dynamique hors du commun, mais surtout une réponse transitoire sans traînage et d'une précision inouïe. L'aération est permanente et la lisibilité, même sur les grandes formations orchestrales, dépassent les possibilités des systèmes conventionnels. L'image stéréo grandiose conserve, même à fort niveau, une excellente ponctualité des sources. Triangle propose avec les Latitude, l'unique alternative à partir d'un système électrodynamique, par rapport aux grands systèmes électrostatiques.

## VIETA

### Type : STUDIO 5

Prix indicatif : 4 950 F la paire.

Banc d'essai dans la N.R.D.S. n° 132.

Attention ! La Vieta Studio 5 est une véritable bombe dans sa catégorie. A peine 30 cm de haut mais une capacité dynamique incroyable liée à une ultrarapidité des transitoires et une grande linéarité subjective. Cette petite Studio 5 possède tous les arguments nécessaires pour servir aussi bien en écoute monitoring de proximité qu'en écoute domestique dans un salon. Il suffit de prendre soin de la positionner près d'un mur ou d'un angle afin de procurer encore plus de niveau au registre grave. Côté technique, cette enceinte semble avoir été taillée dans « un bloc de granit » tant elle est hyper-rigide. La Studio 5 pourra subir les coups de boutoir du superbe 13 cm à membrane aluminium mis en mouvement par un gigantesque circuit magnétique sans exciter de résonances. Une originalité : ce haut-parleur est en liaison directe avec l'amplificateur sans avoir recours à un quelconque filtrage électrique, simplement en exploitant ses caractéristiques d'atténuation aux hautes fréquences. Bref, une écoute d'une rare intelligibilité, très naturelle et comme libérée d'une quelconque contrainte. Le tweeter à dôme en tissu imprégné, filtré à 18 dB/octave, procure à cette enceinte un aigu hautement distingué en adéquation parfaite avec les registres grave et médium. Une superbe réussite du grand spécialiste hispanique de l'enceinte acoustique.

## VISION ACOUSTIQUE

### Type : ALLIANCE

Prix indicatif : 14 170 F la paire (noyer)

Banc d'essai dans la N.R.D.S. n° 132.

Le système Alliance de la société Vision Acoustique est une réussite incontestable après la fameuse MV2

qui a remporté tous les suffrages des critiques des revues spécialisées. L'Alliance est un système trois voies mais à quatre haut-parleurs. Le grave est reproduit par deux transducteurs de 17 cm Focal à membrane Kevlar. Un troisième transducteur de même diamètre transcrit le médium avec de rares qualités en réponse transitoire et une très bonne teneur en richesse harmonique. Le haut du spectre a été confié à un tweeter à membrane à profil mixte, cône plus dôme central, avec amorce de pavillon plus petite lentille acoustique.

Le filtre trois voies est à pente douce. Les masses séparées autorisent le bi-câblage ou la multi-amplification. Cette dernière configuration offrira une nouvelle dimension d'écoute ainsi qu'une dynamique encore plus exacerbée. La parfaite mise au point du filtre et la disposition géométrique des haut-parleurs procurant un passage imperceptible d'un transducteur à l'autre.

Qu'il s'agisse de la finition du coffret ou des composants triés sur le volet, l'Alliance est avec certitude une enceinte conçue avec rigueur, intelligence et une rare compréhension des vrais problèmes de la transcription. Ainsi, l'image stéréophonique est exemplaire avec une restitution parfaite de l'étagement des plans en profondeur.

Toujours claires, fines et très précises, les Alliance savent respecter la sensibilité des interprétations. Avec les Alliance, l'émotion de la musique passe avec une rare intensité. On est en présence d'un véritable phénomène en matière de système électrodynamique car rarement une enceinte acoustique nous est apparue aussi transparente et vivante, aux frontières de l'Art.

## **WILSON AUDIO**

### **Type : WATT + PUPPIES**

Prix indicatif : 100 000 F la paire.

Banc d'essai dans la N.R.D.S. n° 136.

Certainement l'un des événements en matière de

système de haut de gamme sans compromis. En effet, sous un encombrement des plus raisonnables (moins de 1 m de hauteur pour 41 x 29 cm de base), ce système composé d'une enceinte large bande de forme pyramidale, la Watt et du caisson de grave Puppies est capable de transcrire à un niveau réaliste tous les genres musicaux avec une incroyable facilité, tout en conservant une transparence, une capacité dynamique avec mise en place des plans sonores, qui a unanimement enthousiasmé les critiques du monde entier. Il s'agit d'un système réellement hors du commun mis au point avec une rare minutie par l'un des plus éminents spécialistes de l'électroacoustique, M. Wilson, à qui l'on doit aussi le légendaire Wamm. Le Watt, pesant près de 30 kg, est équipé d'un système à deux voies, avec haut-parleur grave-médium de 17 cm spécialement sélectionné suite à de nombreux tests sur impulsion et d'un tweeter à dôme inversé avec charge arrière de décompression et filtre gigantesque procurant la transition vers 3,5 kHz avec pentes de 6 à 18 dB par octave plus de très nombreux circuits de compensation de phase. Le caisson de grave Puppies qui pèse 60 kg (!) est muni de deux haut-parleurs de grave de 22 cm avec membrane en forme de dôme inversé en polymère à large excursion linéaire. La rigidité des deux coffrets est exemplaire, aucun risque de rayonnement parasite, et concourt à la neutralité parfaite de ce système pas comme les autres. Le Watt avec les Puppies sont réellement capables, dans le cadre même de grandes pièces, de recréer à un niveau identique à la réalité tout le sens musical d'une interprétation avec un pouvoir de définition confondant. C'est, à notre avis, le seul système de taille raisonnable capable de rivaliser et même de dépasser sur de nombreux points les systèmes sans compromis les plus monstrueux. Les ensembles de haut-parleurs vraiment « marquants » ne sont pas nombreux, les Watt + Puppies en font partie. Un monument !

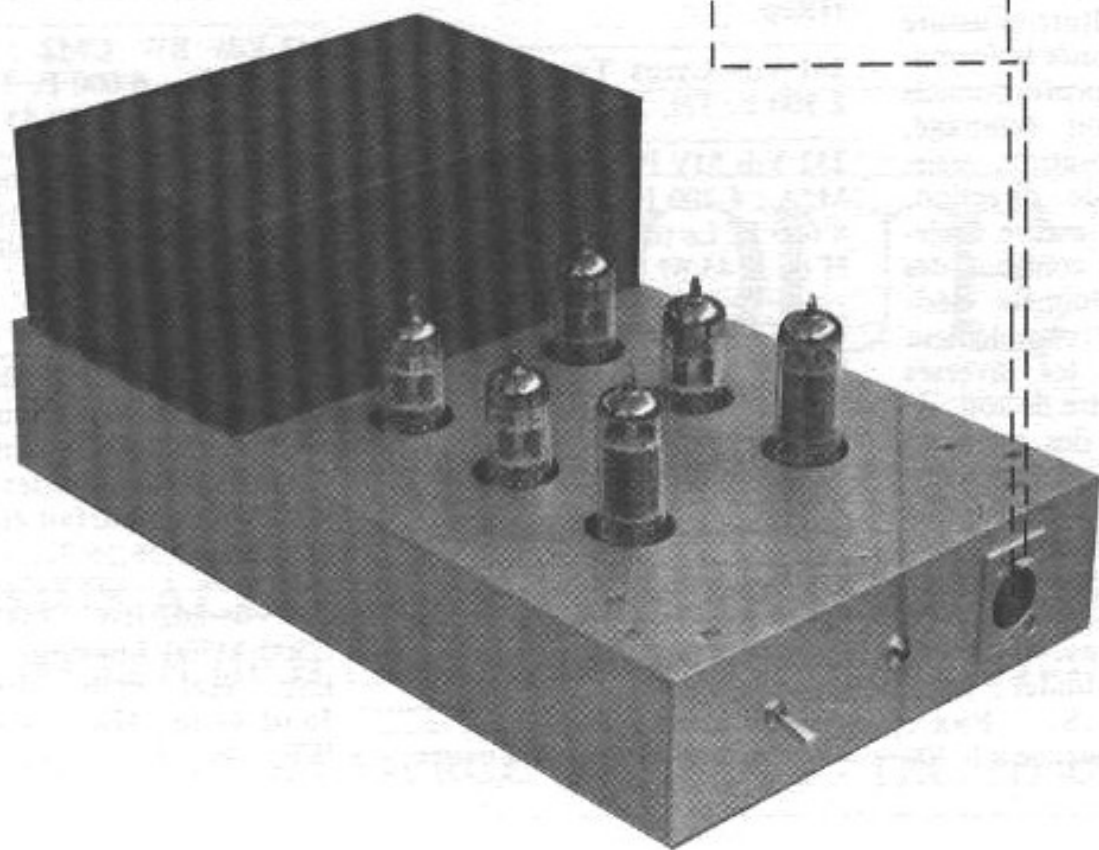
**Page non  
disponible**



*- Réalisation personnelle -*



page 108  
de votre  
Audiophile  
n° 3



# AMPLI POUR CASQUE ELECTROSTATIQUE

**D**

*ans notre n° 3,  
nous publions une réalisation particulièrement originale,  
celle d'un casque électrostatique.*

*Cet article a suscité de nombreuses demandes,  
principalement à propos au transformateur de modulation.*

*Toutefois la solution ultime consiste à s'en passer...*

*en faisant appel à un amplificateur  
spécialement dédié au casque,*

*ses remarquables performances le méritant pleinement.*

*Voici donc la description détaillée d'un amplificateur  
pour casque électrostatique.*

*A tube, bien naturellement ;  
cette technologie étant parfaitement adaptée  
à ce type d'application.*

## Introduction

Dans l'article du n°3 de l'Audiophile « Un casque électrostatique » j'observais que l'adaptateur à transformateurs et l'amplificateur de puissance pouvaient être avantageusement remplacés par un amplificateur spécialement adapté de type OTL, attaquant directement les cellules électrostatiques. Ce choix apporte un gain très appréciable en performances objectives et subjectives, un transformateur, même de haute qualité, n'ayant pas les performances d'un amplificateur.

Après avoir examiné quelques amplis OTL à tubes et à transistors, j'aborderai la réalisation de l'un d'entre eux, cet amplificateur pourra être adapté à d'autres casques ou à des réalisations d'amateurs.

## Les sources de modulation des transducteurs électrostatiques

Pour délivrer un niveau acoustique acceptable, les cellules des casques électrostatiques exigent des tensions de modulation éle-

vées, dépassant parfois 200 V efficaces, sous haute impédance toutefois, ce qui implique l'usage d'un élément adaptateur élévateur, la tension de modulation fournie par l'amplificateur ou le préamplificateur étant insuffisante. Dans la plupart des cas, il est fait appel à un transformateur de couplage à secondaire symétrique, parfois on adopte une solution plus onéreuse, mais aussi plus performante, utilisant un amplificateur travaillant sous haute tension.

Cette utilisation contraignante d'un élément supplémentaire, comportant de plus une source de haute tension connectée au

secteur pour polariser le diaphragme, est certainement la cause de la diffusion limitée des casques et haut-parleurs électrostatiques.

## Transformateurs de couplage pour casques électrostatiques

L'intérêt de l'adaptation par transformateur réside dans sa simplicité de mise en œuvre et un prix de revient en principe assez bas. Le résultat est très satisfaisant si les transformateurs sont de haute qualité. J'ai adopté cette solution dans l'article du n°3 de l'Audiophile : « Réalisation personnelle : un casque électrostatique ».

L'adaptation par transformateur présente l'inconvénient de provoquer une altération du signal, minime il est vrai. La distorsion affectant le grave et l'extrême grave en particulier, de plus la bande passante est limitée à ses extrémités. D'autre part, la capacité parasite et l'inductance de fuite du transformateur forment, avec la capacité de la cellule électrostatique, un circuit oscillant dont les résonances affectent la courbe de réponse.

Autre inconvénient, aux conséquences non négligeables, c'est le risque que fait courir aux diaphragmes toute surmodulation; en effet un amplificateur de 50 W sur 8 ohms peut fournir 20 V efficaces. Si le bouton de volume est au maximum, une manipulation imprudente d'un connecteur ou une surcharge quelconque de l'amplificateur pourra donc produire une tension maximum de 1000 V efficaces à la sortie d'un transformateur élévateur de rapport 1/50, il y a alors risque d'amorçage et de perforation du diaphragme par un arc électrique, c'est le phénomène de "flashage", les électrodes faisant office d'éclateurs.

L'utilisation d'un circuit de protection à l'entrée du transfo faisant appel, en général, à une

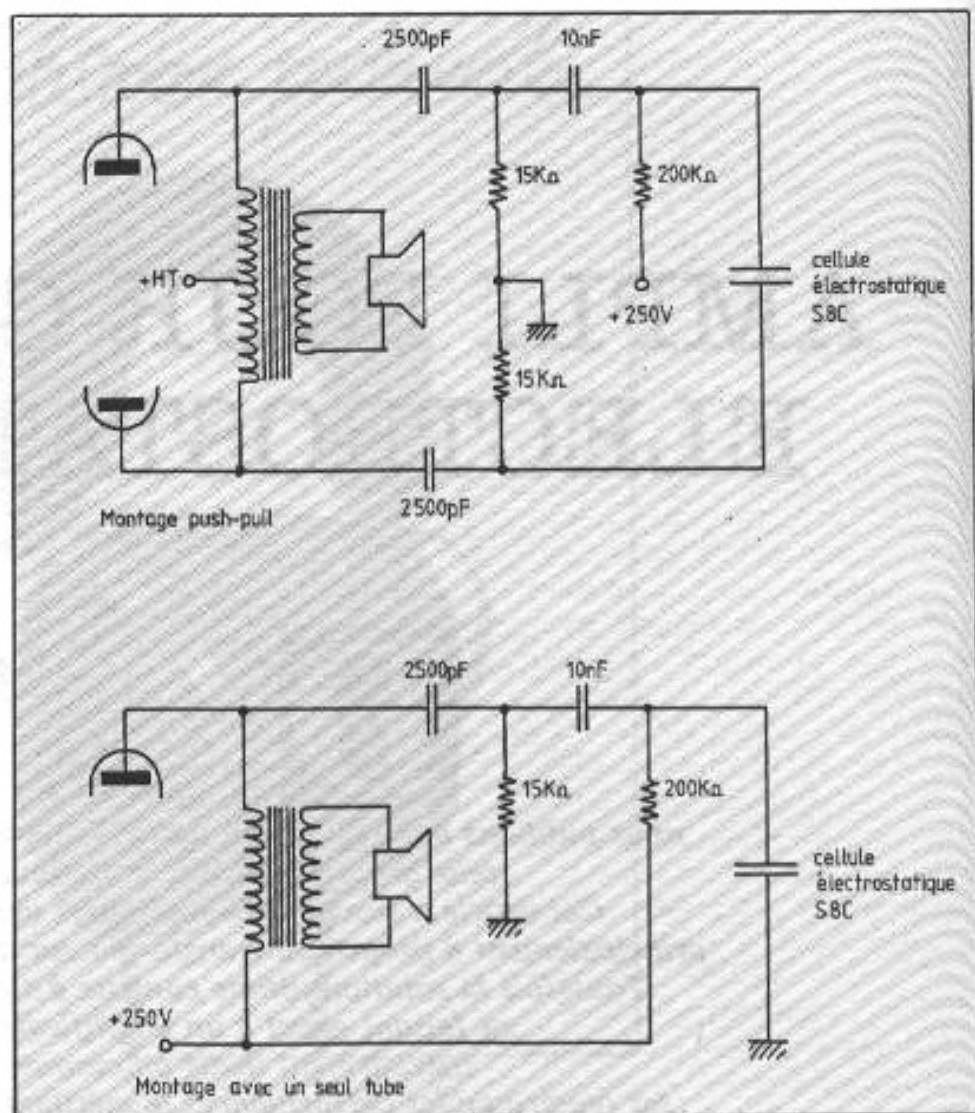


Fig 1 : Couplage direct entre les plaques des tubes de sortie d'un amplificateur de puissance et une cellule électrostatique. En haut, cas d'un montage push-pull, en bas montage à un seul tube. Schéma proposé par Audax pour alimenter les cellules S8C à la fin des années 50.

thermistance à coefficient de température positif (CTP) placée en série, ne protège pas efficacement la cellule car son action n'est pas instantanée. On obtient une protection plus efficace en utilisant comme CTP un filament de tungstène d'une ampoule à incandescence. Par exemple, une ampoule de 12 V 250 mA peut faire 5 Ω de résistance à froid et 50 Ω à chaud. Il faut remarquer que ce circuit de protection travaillera alors en compresseur de dynamique, avec une constance de temps non négligeable, le filament ayant une certaine inertie thermique. Des tweeters électrodynamiques sont parfois protégés des surintensités par ce procédé que les

audiophiles peuvent juger un peu barbare.

Dans les cas extrêmes de surmodulation, il peut y avoir une mise en court-circuit des enroulements du transformateur si l'isolation du fil est insuffisante ou le bobinage pas assez soigné, d'où l'obligation d'employer des transformateurs de qualité pour obtenir performances et fiabilité.

Tout ceci explique la réputation assez bien fondée de fragilité des casques électrostatiques. La meilleure solution pour améliorer la fiabilité consiste, à mon sens, à augmenter la robustesse de la cellule de manière à ce qu'elle puisse supporter de hauts niveaux de modulation sans risque d'amorçage.



Il faut ajouter que les amplis à transistors n'apprécient pas toujours ces adaptateurs à transformateurs, leurs circuits de protection peuvent se déclencher à la moindre surcharge. La cellule électrostatique étant un condensateur, son impédance diminue avec la fréquence, au-dessus de 20 kHz la charge de l'ampli peut se réduire à 2 ou 3  $\Omega$ ... Ce problème est particulièrement sensible avec les haut-parleurs car leur capacité dépasse souvent 1000 pF. L'adjonction de résistances en série avec les électrodes permet de limiter la surcharge et d'introduire une fréquence de coupure haute et ainsi de stabiliser l'impédance à une valeur tolérable par l'amplificateur.

### Amplificateurs pour casques électrostatiques

Ils ont pour but d'élever la tension de modulation en sortie du préampli à un niveau acceptable pour les cellules électrostatiques, ces amplificateurs ont donc un gain en tension très élevé, de plusieurs centaines en général. Du fait de la nécessité de transformer un signal asymétrique bas niveau en signal symétrique très haut niveau leur principe est toujours le même : une entrée bas niveau, un étage déphaseur suivi d'un étage haute tension en classe A avec deux sorties en opposition de phase. Ils peuvent faire appel aux tubes, aux transistors ou à des solutions hybrides : entrée à transistors et sortie à tubes. La source haute tension de polarisation du diaphragme est connectée entre la masse et le diaphragme à travers une résistance de forte valeur.

Les performances sont très bonnes, on peut espérer moins de 1% de distorsion sur toute la bande passante, celle-ci est très étendue dans le grave comme dans l'aigu, mais également, la protection du diaphragme est assurée: en effet l'amplificateur écrête à une tension de sortie très

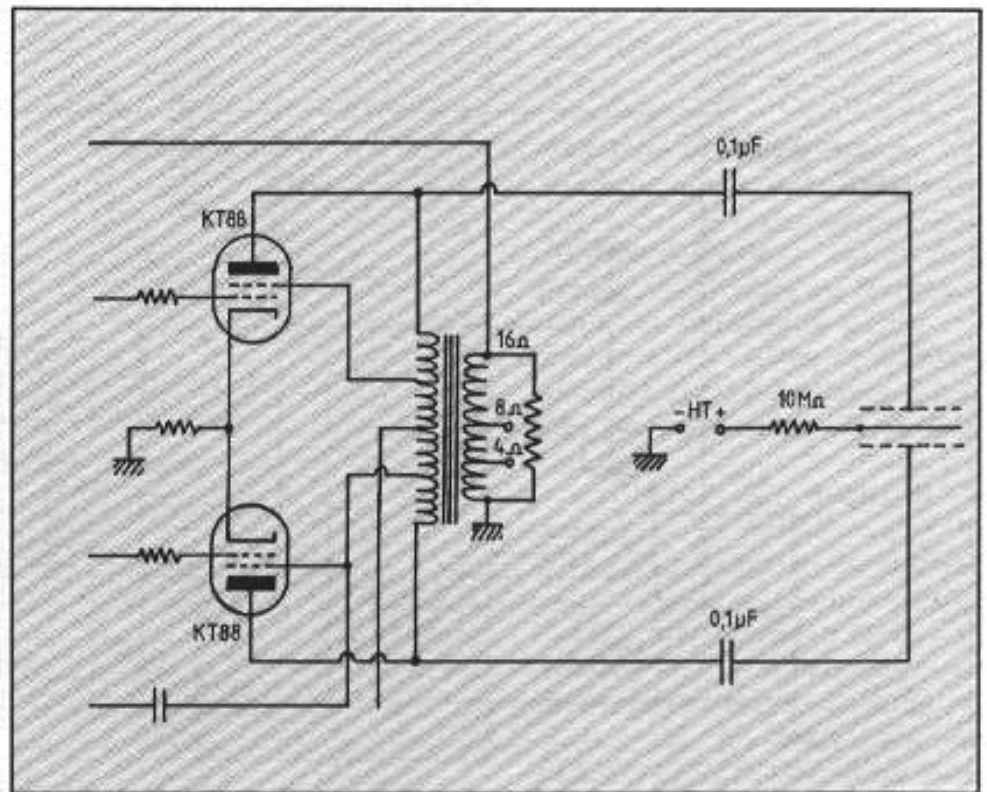


Fig 2 : Exemple d'adaptation d'une cellule électrostatique à un Dynaco Mark III, l'utilisation de condensateurs de liaison est qualitativement peu satisfaisante...

inférieure à la tension d'amorçage des cellules, par exemple, il est impossible d'obtenir 1000 V ou davantage entre les électrodes des cellules si l'amplificateur écrête avec 350 V en sortie...

Le choix d'un amplificateur à couplage direct remédie donc aux défauts de l'adaptateur à transformateurs : limitation des performances et risque d'amorçage dans la cellule. Autre avantage non négligeable, l'amplificateur de casque peut avoir un gain suffisant lui permettant d'être relié directement au préamplificateur en se passant de l'amplificateur de puissance.

Un amplificateur à tubes ou à transistors n'a finalement que l'inconvénient d'être plus complexe et coûteux qu'un adaptateur à transformateurs.

### Les amplificateurs à tubes

Un couplage direct entre les plaques des tubes de sortie d'un amplificateur de puissance et des cellules électrostatiques est possible si la tension de modulation à

ce niveau est suffisante, c'est le cas pour les tweeters ou les casques. L'idée n'est pas nouvelle, par exemple en 1957 une enceinte acoustique Ducretet et Thomson équipée d'un tweeter électrostatique utilisait ce procédé. Audax proposait également d'alimenter ces tweeters électrostatiques S 8 C ou S 9 C de la même manière, voir figure 1. Il faut remarquer que les étages de sortie en classe B ne permettent pas un fonctionnement en push-pull de la cellule électrostatique.

La figure 2 donne l'exemple d'une adaptation à un Dynaco Mark III. La liaison aux électrodes de la cellule électrostatique s'effectue par des condensateurs afin d'éviter que le câble de raccordement ne véhicule la tension anodique continue, proche de 500 V, à proximité des oreilles ce qui pourrait présenter un réel danger pour l'utilisateur en cas de détérioration des isolements.

En pratique, ces condensateurs ayant un courant de fuite qui aura tendance à augmenter sous l'effet de la chaleur s'ils

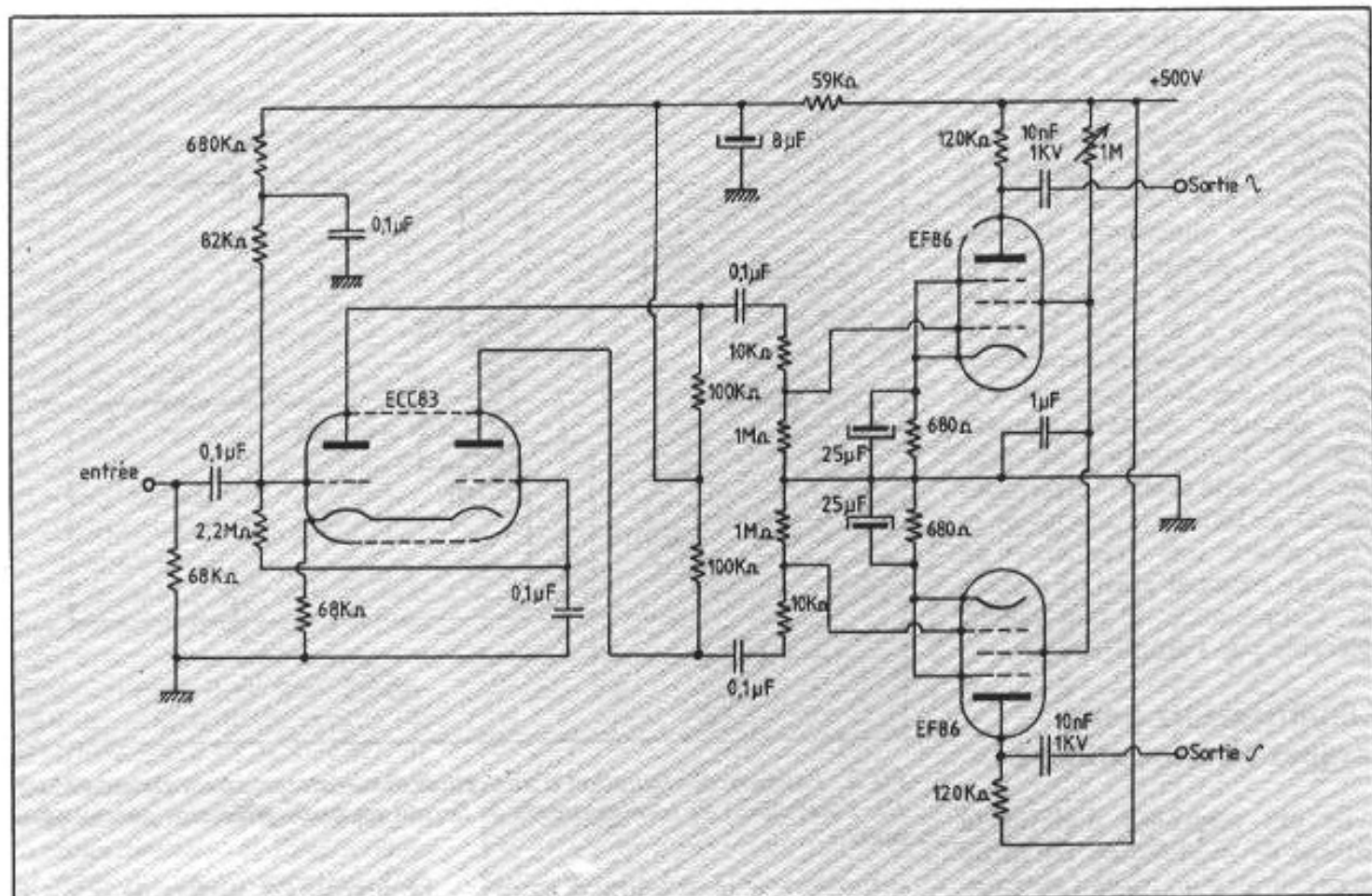


Fig 3 : Amplificateur pour casque proposé par P. Harvey en 71. La réponse en fréquence est limitée dans l'aigu par une impédance de sortie élevée.

sont placés à proximité des tubes de sortie, on finit donc par retrouver une tension continue élevée proche de la tension de plaque sur les électrodes de la cellule. La conséquence étant une diminution du champ électrique entre les électrodes et le diaphragme et, si celui-ci est polarisé positivement, du rendement acoustique. Par exemple si la tension anodique est de 480 V et la polarisation du diaphragme de 750 V, la différence de tension ne sera plus que de 270 V. Pour cette raison, certaines réalisations comportant un condensateur de liaison aux électrodes utilisent une polarisation négative du diaphragme, le but étant de conserver une valeur minimale au champ électrique tout en voulant assurer une relative protection pour l'utilisateur.

Le choix de ce condensateur est très critique, ceci concerne sa valeur, qui limite la réponse dans

le grave, et son isolation mais aussi sa qualité qui doit être excellente car il est en liaison avec la cellule électrostatique qui est aussi un condensateur. Il peut arriver de rencontrer des condensateurs presque aussi « musicaux » que des tweeters électrostatiques avec la distorsion en plus ! On donnera la préférence aux condensateurs à courant de fuite très faible, peu sensibles à la chaleur, ce qui élimine d'office la plupart des modèles au papier, seuls les condensateurs à diélectrique plastique de très haute qualité conviendront.

Enfin, des tubes de puissance du genre KT 88 ne sont pas nécessaires pour alimenter des cellules de casque qui se contentent d'une fraction de watt, il est donc préférable qu'un amplificateur à tubes pour casque électrostatique soit spécialement étudié.

Le circuit de la figure 3 a été proposé dans le numéro de novembre 1971 du magazine anglais Wireless World dans le cadre d'un article de P. Harvey « Electrostatic Headphones design » traitant de la réalisation d'un casque électrostatique très simplifié. Une ECC 83, utilisée en déphaseur de Schmitt, attaque une paire de pentodes EF 86 en push-pull. Elle est capable de délivrer un maximum de 400 V efficaces entre les 2 sorties. L'impédance de sortie élevée provoque une atténuation des aigus car, en supposant que la charge constituée par la cellule électrostatique et le cordon de liaison soit de 150 pF, avec la résistance d'anode de 120 kΩ, la fréquence de coupure se situe à 5 kHz... On remarquera les sorties par condensateurs 10 nF/1000 V.

Dans le numéro de Janvier 1972 de Wireless World, J. Hal-



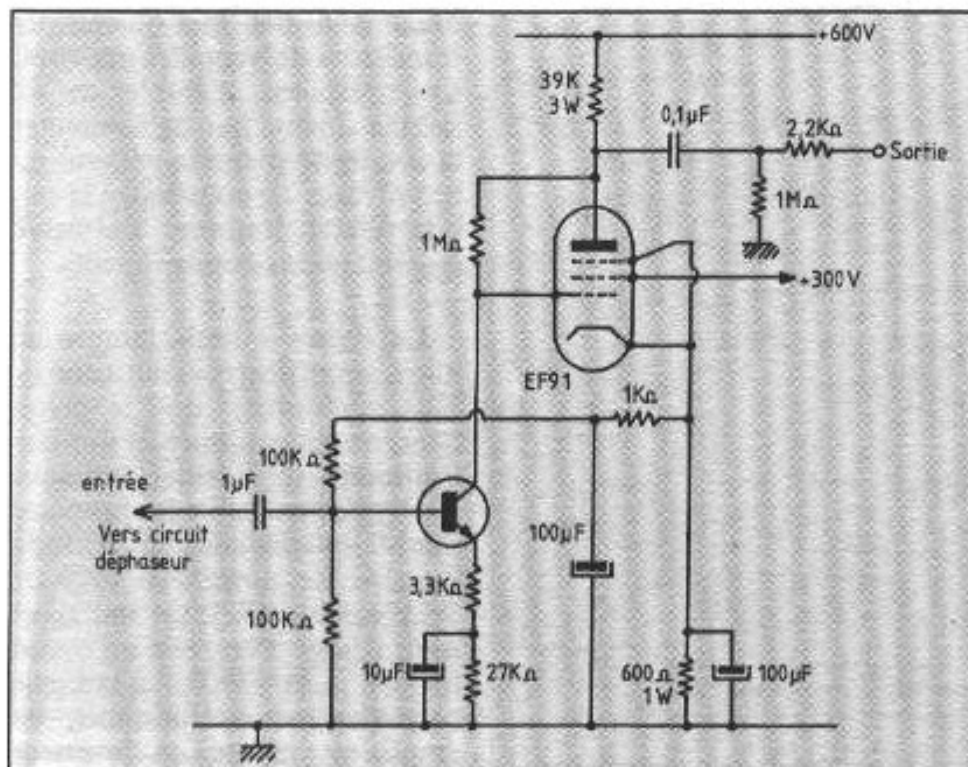


Fig 4 : Schéma proposé Par J. Halliday en 72, une seule moitié de l'étage de sortie push-pull est représentée.

liday (!) proposait une version hybride d'amplificateur dont une moitié de l'étage de sortie push-pull est représenté en figure 4.

Le schéma de la figure 5 a été proposé par Stax il y a environ

vingt ans pour les utilisateurs du casque SRX. Les amplis de casque électrostatique ont toujours figuré au catalogue de la firme japonaise. Quasiment symétrique de l'entrée à la sortie, il utilise 3 tubes double triode par

canal. Il rappelle un peu un circuit publié dans le livre de Jean Hiraga « Les haut-parleurs » dont l'auteur est Charles I. Malme. Cet américain est l'un des premiers à avoir utilisé des électrodes de transducteurs électrostatiques constituées de fines barres métalliques en remplacement des habituelles grilles perforées et à avoir réalisé des amplificateurs à couplage direct, ceci au tout début des années soixante.

La liaison au préampli est directe, le potentiomètre d'entrée qui figurait dans le circuit d'origine a été supprimé. Le circuit déphaseur inspiré de Schmitt est original avec un montage cascade et un couplage transversal, les tubes sont des ECC81/12AT7. La liaison entre le déphaseur/driver et l'étage de sortie s'effectue par condensateurs de 47 nF, les seuls utilisés dans l'ampli.

L'intérêt principal de cet amplificateur concerne son étage final, le circuit de polarisation des doubles triodes 6CG7/6FQ7 faisant appel à une tension négative.

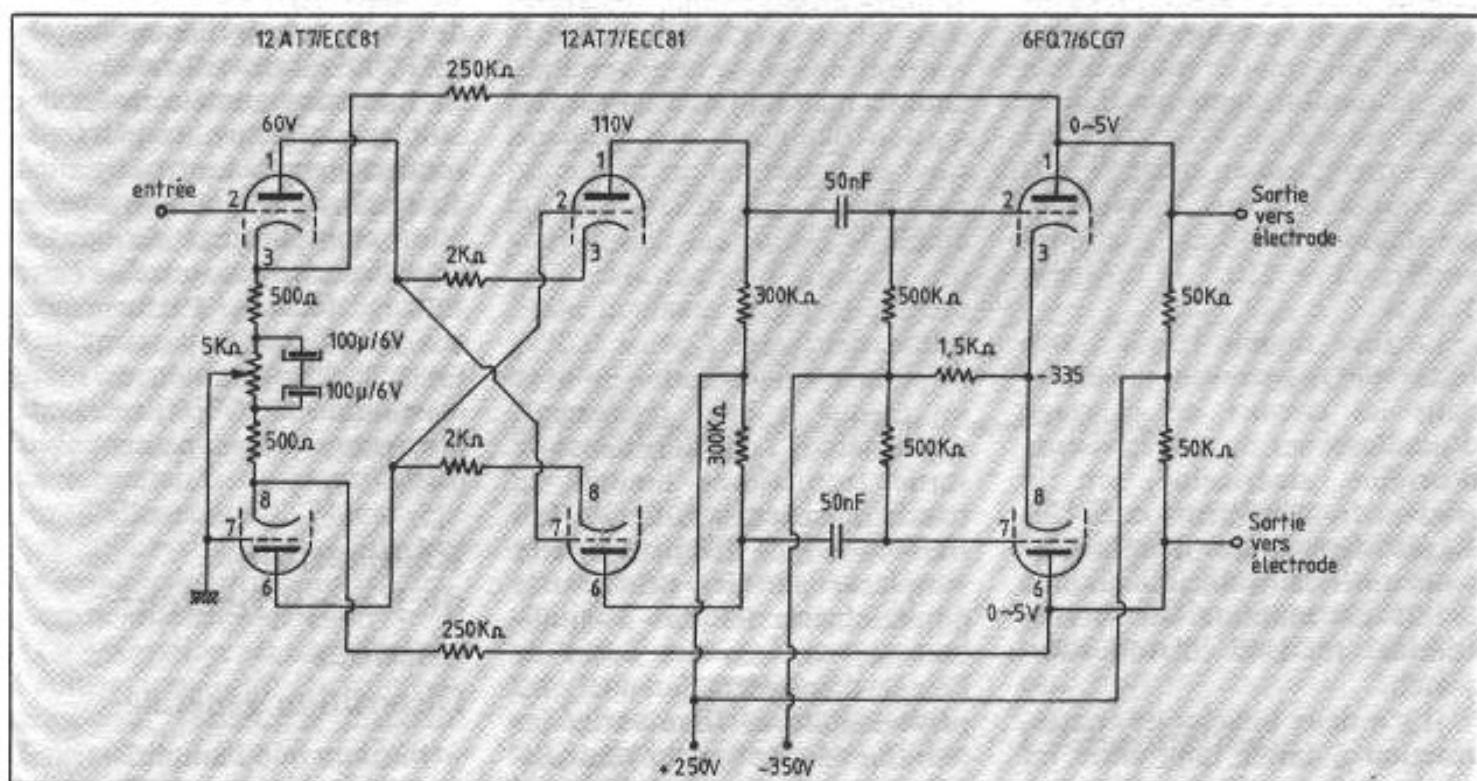


Fig 5 : Schéma proposé par Stax il y a une vingtaine d'années à l'attention des utilisateurs du casque SRX. C'est cette base de schéma qui a été retenue pour notre réalisation.



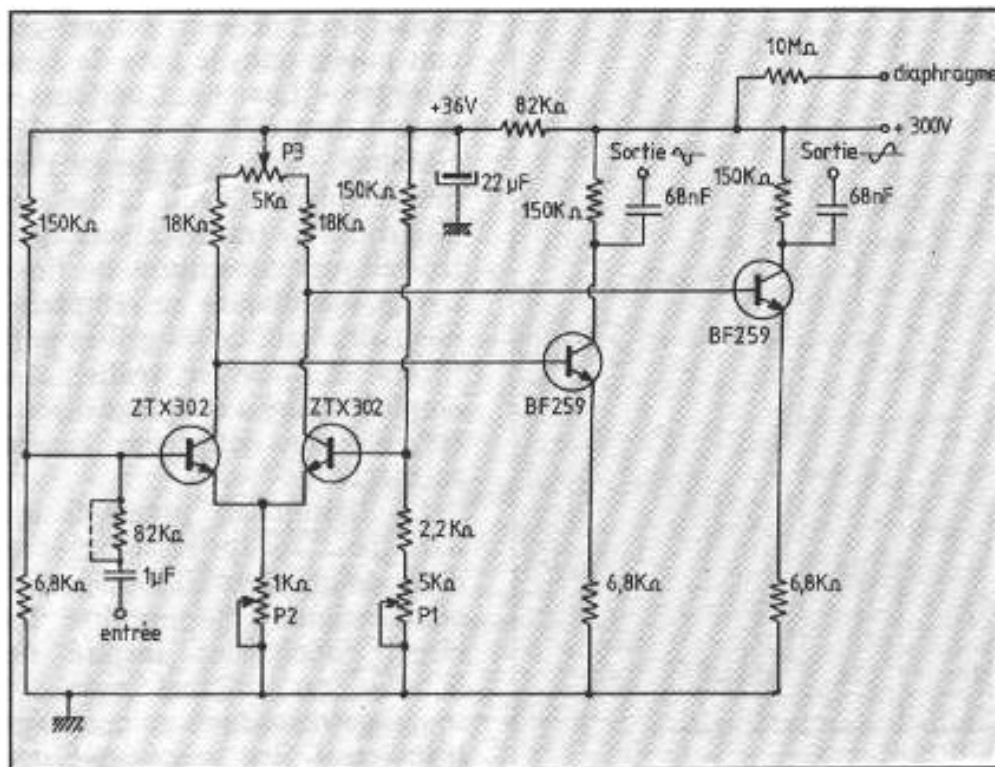


Fig 6 : Amplificateur transistorisé proposé par P. Harvey en 71, il n'est pas sans rappeler les circuits d'amplificateur pour oscilloscope.

tive de  $-350$  V permet d'obtenir, en l'absence de signal, une tension de plaque proche de la masse ce qui autorise une liaison directe, en toute sécurité, vers les électrodes de la cellule en se débarrassant enfin du condensateur de liaison et de tous les problèmes qu'il entraîne. Si les tensions d'alimentation sont correctes, la tension anodique doit se situer entre 0 et  $\pm 5$  V. Les tubes travaillent en classe A sous un courant de 5 mA, les résistances d'anode de  $50$  k $\Omega$  sont connectées au  $+250$  V et dissipent 1,25 W.

Le tube double triode noval 6CG7/6FQ7 a souvent été utilisé dans les circuits de balayage d'oscilloscopes ou de téléviseurs d'origine américaine, on le trouve fréquemment dans les étages déphaseurs d'amplificateurs américains anciens comme le 8B de Marantz ou récents comme le D79 d'Audio-Research.

Il y a deux boucles de contre-réaction à faible taux entre les sorties et les cathodes des tubes d'entrée, cet ampli peut fonctionner sans contre-réaction.

### Les amplificateurs transistorisés

Le circuit de la figure 6 a été également proposé par P. Harvey dans son article de novembre 1971 de Wireless World. Son principe rappelle les circuits amplificateurs pour oscilloscope. Il est très simple à construire et donne de bons résultats auditifs mais du fait d'un gain en tension très élevé, son bruit de fond est important, ce défaut est particulièrement gênant sur un ampli de casque car il peut rendre l'écoute insupportable. Son niveau de sortie maximal assez faible, dépassant à peine 100 V, ne permet son utilisation qu'avec un casque à haut rendement. Autre défaut : une impédance de sortie trop élevée limitant la bande passante dans l'aigu. Les transistors ZTX 302 peuvent être remplacés par des BC 107. le potentiomètre P1 sert à équilibrer les tensions des bases de l'étage d'entrée différentiel, P2 permet alors de faire varier les tensions de collecteur des BF 259, l'équilibrage de ces tensions devant s'effectuer finalement à (155 V) l'aide de P3. Cet équi-

brage étant délicat à obtenir, les transistors doivent être appariés. La résistance d'entrée de 82 kohms a pour but de commuter la sensibilité d'entrée en haut ou bas niveau. Le couplage à la cellule électrostatique s'effectue également par condensateurs.

La figure 7 nous montre un autre amplificateur transistorisé, plus performant que le précédent, destiné à alimenter une réalisation plutôt rustique de casque électrostatique. Elle fut proposée par N. Pollock dans un article du numéro de novembre 1979 de Wireless World. Il est fait appel pour l'étage d'entrée à un circuit intégré LM 3900, quadruple amplificateur opérationnel, un ampli est monté en inverseur pour l'étage déphaseur, deux autres sont utilisés en drivers. Ce principe d'utilisation de déphaseur/driver à amplificateurs opérationnels ou transistors se retrouve sur les amplificateurs intégrés aux haut-parleurs électrostatiques Beveridge et Acoustat. Les transistors BU 208, BU 209 ou tout transistor ayant un Vce de 1500 V et une puissance de 10 W peuvent remplacer les 2SD 200 qui travaillent en classe A. La liaison aux électrodes des cellules s'effectue toujours par condensateurs. La polarisation du diaphragme s'obtient à partir d'un multiplicateur de tension dont la sortie est ajustable entre 800 et 1600 V. Performances annoncées : bande passante de 3 Hz à 25 kHz, tension de sortie maximum 500 V efficaces, la distorsion ne dépassant pas 0,1%.

### Réalisation de l'amplificateur à tubes

#### Disposition générale

J'estime que l'amplificateur à tubes convient particulièrement bien aux cellules électrostatiques, qu'il s'agisse de casques ou

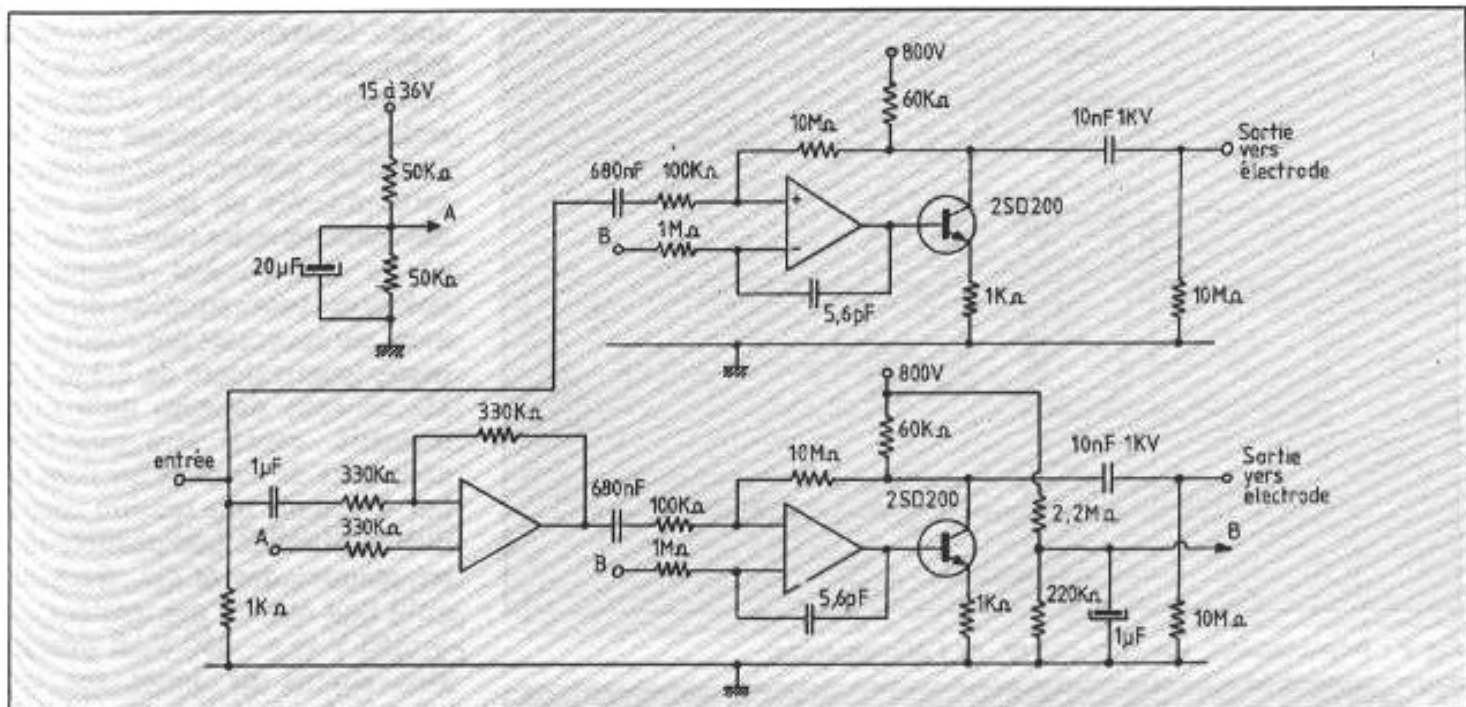


Fig 7 : Schéma d'un montage proposé par Pollock en 79. Le principe d'utilisation de déphaseur/driver à transistors ou ampli op se retrouve sur les amplificateurs intégrés aux transducteurs électrostatiques Beveridge ou Acoustat.

de haut-parleurs, il faut remarquer qu'ils ont en commun de travailler en haute impédance et haute tension. Le circuit qui a été choisi est donc un ampli à tubes, celui de la figure 5. Cet ampli est facile à réaliser et offre d'excellentes performances, son coût est à peine supérieur à celui d'un adaptateur utilisant des transformateurs de bonne qualité. J'ai eu l'occasion d'expérimenter cet ampli depuis longtemps sur plusieurs types de casques, c'est certainement celui qui offre le meilleur rapport performances/prix. Une version a été créée spécialement pour le casque décrit dans le n°3 de l'Audiophile. A cet effet, la polarisation du diaphragme en 750 V s'effectue à l'aide d'un doubleur placé sur un des secondaires du transformateur d'alimentation. Nous verrons qu'il est possible d'adapter cet amplificateur à d'autres casques, notamment les Stax.

La réalisation est assez simple d'autant que tous les composants sont facilement disponibles, sauf peut-être les condensateurs de filtrage et le transformateur d'alimentation. Des condensateurs styroflex isolés à 1000 V

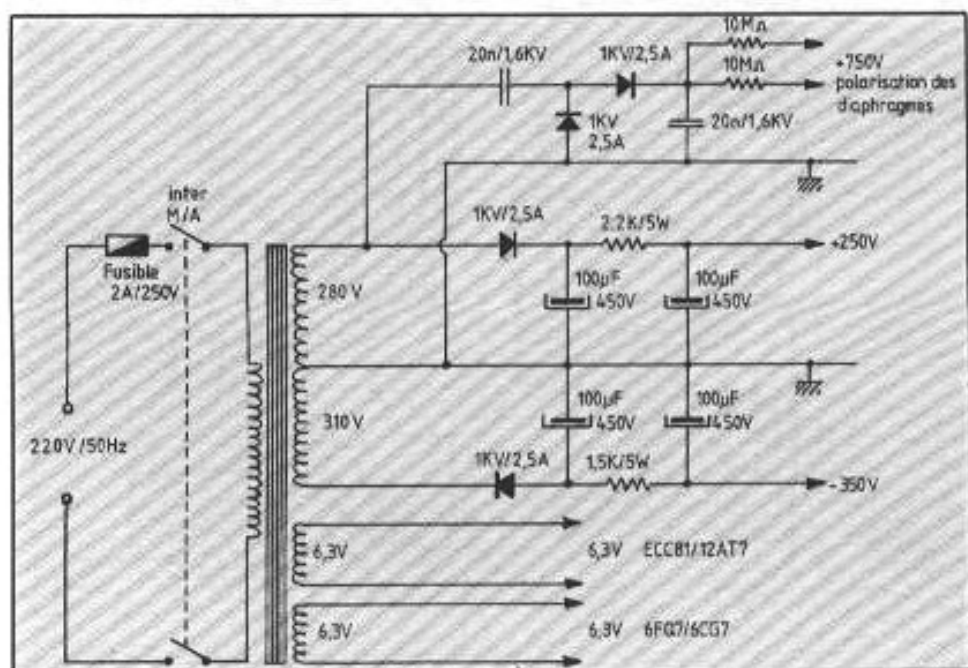


Fig 8 : Schéma de l'alimentation de notre réalisation.

ont été choisis pour la liaison entre les drivers et les tubes de sortie, mais on peut leur substituer par exemple des MKS 47 nF/630 V de chez Wima, la tension entre ces deux points est supérieure à 400 volts. Les résistances de plaque sont des 51 kΩ 1% 7 W à couche de carbone, elles sont remplaçables par des résistances bobinées vitrifiées de

47 kΩ ou par plusieurs résistances à couche montées en série. Le tube 6CG7 peut être remplacé par le 6FQ7, fréquemment ces tubes portent les deux références.

## L'alimentation

Le schéma de l'alimentation est montré en figure 8. Son



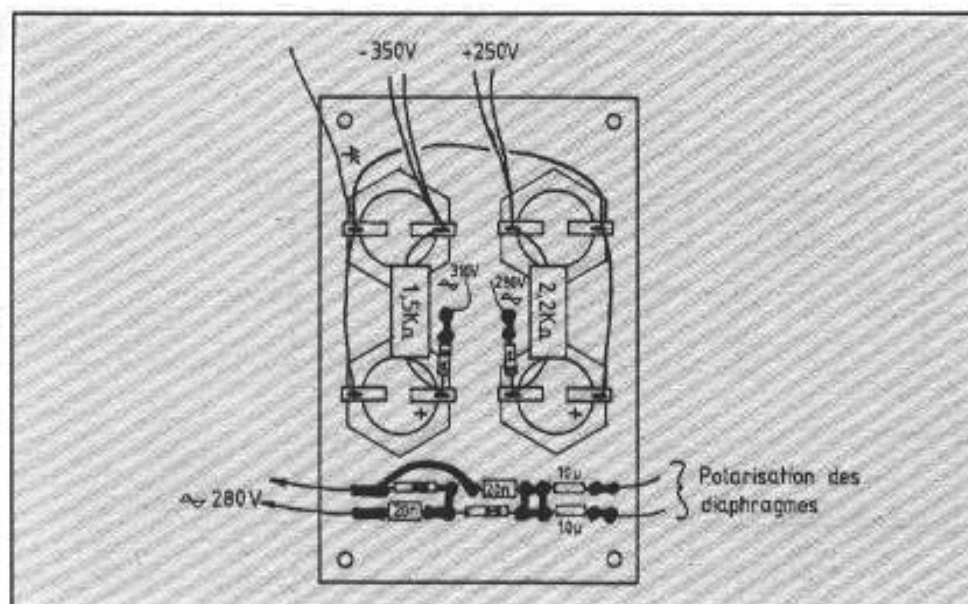


Fig 9 : Implantation, vue côté cuivre, de l'alimentation.

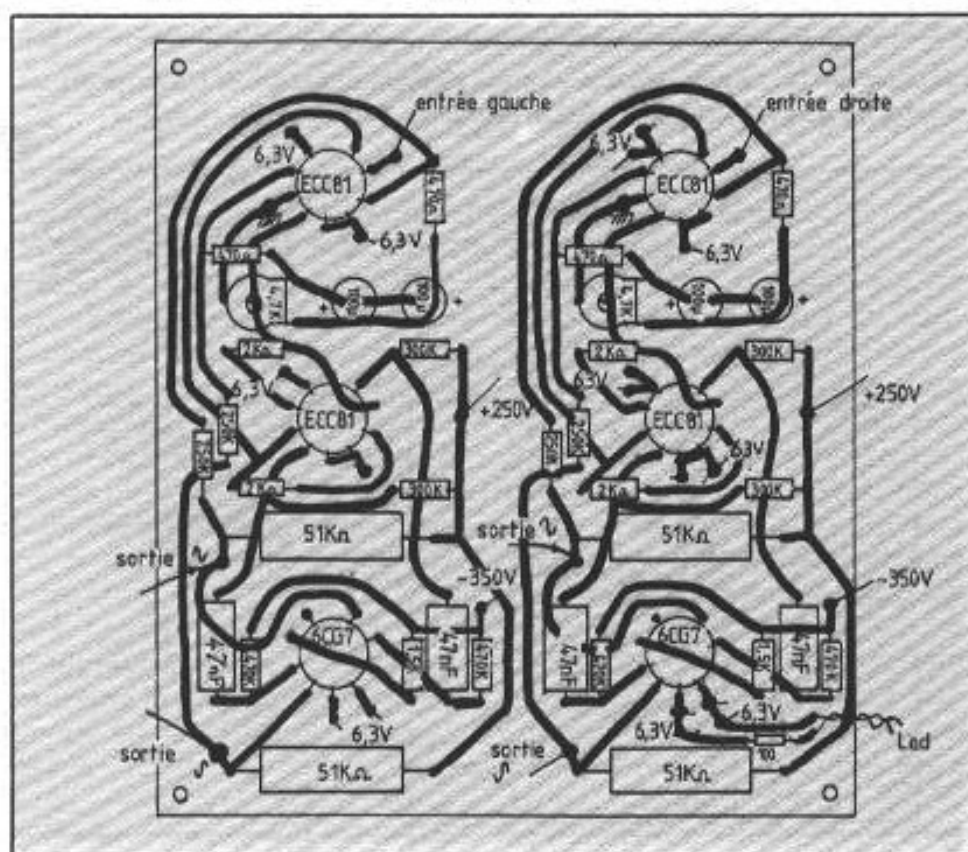


Fig 10 : Implantation du circuit vue du côté composants. Les tubes sont eux du côté piste.

implantation sur un circuit imprimé en époxy de dimensions  $103 \times 68$  mm se trouve en figure 9, il supporte le doubleur de tension destiné à polariser les diaphragmes sous 750 V à travers deux résistances de  $10 \text{ M}\Omega$ . Bien que ce circuit ne débite pratiquement rien, il est souhaitable pour des questions de fiabilité, que les

diodes utilisées soient au moins des 1N 4007 1000 V/1A, des BY 255 qui font 1300 V/3A sont préférables. Il en est de même pour les condensateurs qui sont isolés à 1600 V.

Le filtrage s'effectue par cellules en Pi autour de résistances et de condensateurs  $100\mu\text{F}/450 \text{ V}$  de chez CEF, ces composants

sont heureusement toujours fabriqués, ils sont fixés sur le circuit imprimé par leur écrou central. Ces condensateurs ayant le négatif au boîtier, il est indispensable d'isoler de la masse ceux qui alimentent les tubes de sortie en  $-350 \text{ V}$ . Les résistances bobinées sont soudées directement sur les cosses des condensateurs, leurs valeurs de 2,2 et  $1,5 \text{ k}\Omega$  ne sont données qu'à titre indicatif, car il sera peut-être nécessaire de les modifier dans le but d'obtenir une tension continue aussi faible que possible sur les plaques des 6CG7. Sachant qu'il faut obtenir des tensions de  $+250 \text{ V}$  et  $-350 \text{ V}$ , il semble plus simple de jouer sur les valeurs de ces résistances plutôt que de changer de transfo.

Le transformateur d'alimentation, largement dimensionné, est bobiné autour d'un circuit en E et I de dimensions  $80 \times 96 \times 40$  mm. Il y a quatre secondaires :

- $1 \times 280 \text{ V } 23 \text{ mA}$
- $1 \times 310 \text{ V } 20 \text{ mA}$
- $2 \times 6,3 \text{ V } 1,2 \text{ A}$

Un transformateur de plus petites dimensions pourrait suffire, mais il faut tenir compte qu'il y a quatre secondaires dont deux haute tension et que la place pourrait manquer dans la carcasse si le fil n'est pas assez fin. Ce transformateur chaufferait davantage, ce qui n'est pas souhaitable car il a été décidé de l'enfermer pour des questions de sécurité et d'esthétique sous un capot métallique avec les condensateurs de filtrage qu'il convient donc de préserver d'un vieillissement prématuré. Les fabricants d'électrochimiques donnent des courbes de durée de vie pour leur condensateurs en fonction de la température, on peut en déduire que cette durée est divisée par 10 lorsque la température augmente de 50%. La durée de vie d'un électrochimique



que est donc étroitement dépendante de sa température d'utilisation.

Les tensions d'alimentation étant assez courantes, on devrait trouver dans le commerce un transformateur de 48 VA minimum pour amplificateur à tubes de petite puissance, en tenant compte toutefois que l'on devra disposer au moins d'une tension continue négative correctement filtrée de  $-350$  V minimum sous 20 mA.

### Câblage de l'amplificateur

Le circuit imprimé de dimensions  $150$  mm  $\times$   $165$  mm est en verre époxy. Son schéma d'implantation est en figure 10.

Les tubes étant disposés à l'opposé des autres composants comme le montre la figure 11, les supports sont donc soudés sur le côté cuivre.

Des trous sont perforés dans le circuit imprimé sous les résistances d'anode des tubes de sortie afin de faciliter l'écoulement de l'air. Ces résistances chauffant légèrement, elles sont disposées à 5 mm de la surface du circuit imprimé.

L'alimentation des filaments en 6,3 volts s'effectue par deux câblages séparés en fil torsadé, un pour les ECC81, l'autre pour les 6CG7, le transformateur ayant deux secondaires en 6,3 V.

Il faudra prêter une attention particulière au câblage des sorties et du connecteur XLR afin d'éviter que les canaux soient en opposition de phase.

### Le châssis

On aurait pu se contenter d'un châssis ordinaire, de type rack par exemple, avec aération sur le dessus, mais la volonté de donner à cet amplificateur une présentation typique avec tubes apparents oblige à réaliser un châssis plutôt compliqué. De dimensions  $323$   $\times$   $180$   $\times$   $55$  mm, il est constitué d'un assemblage de profilés en L et de plaques en alliage d'aluminium

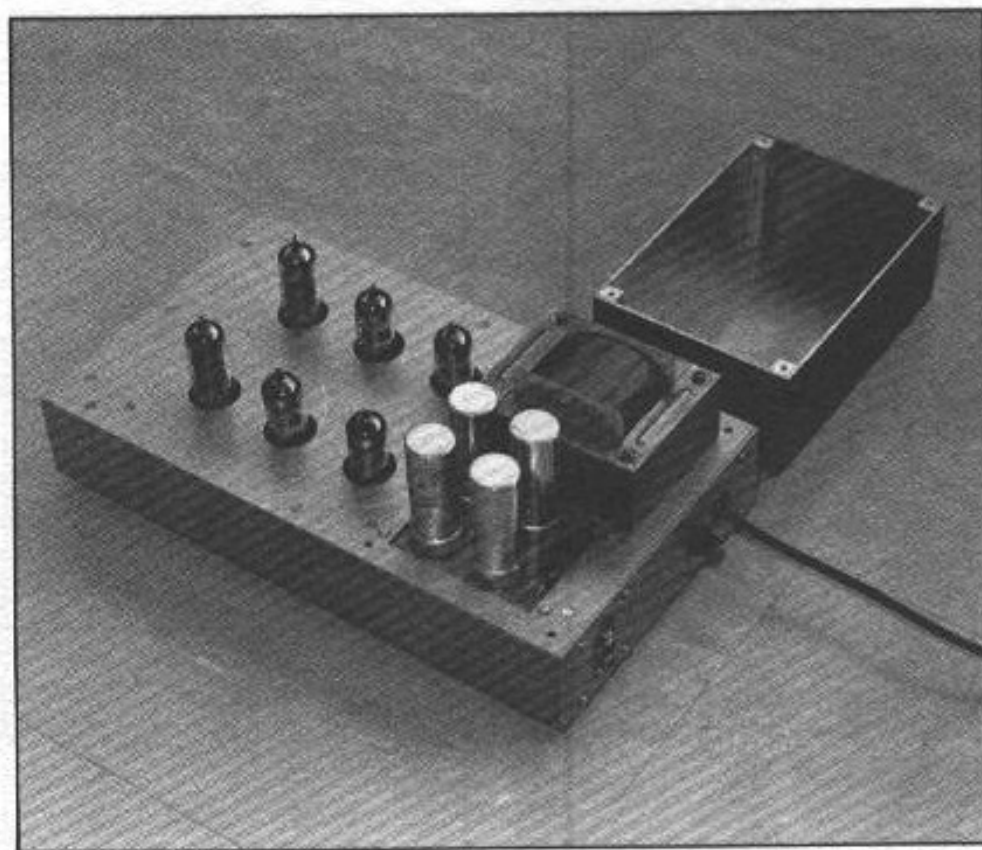
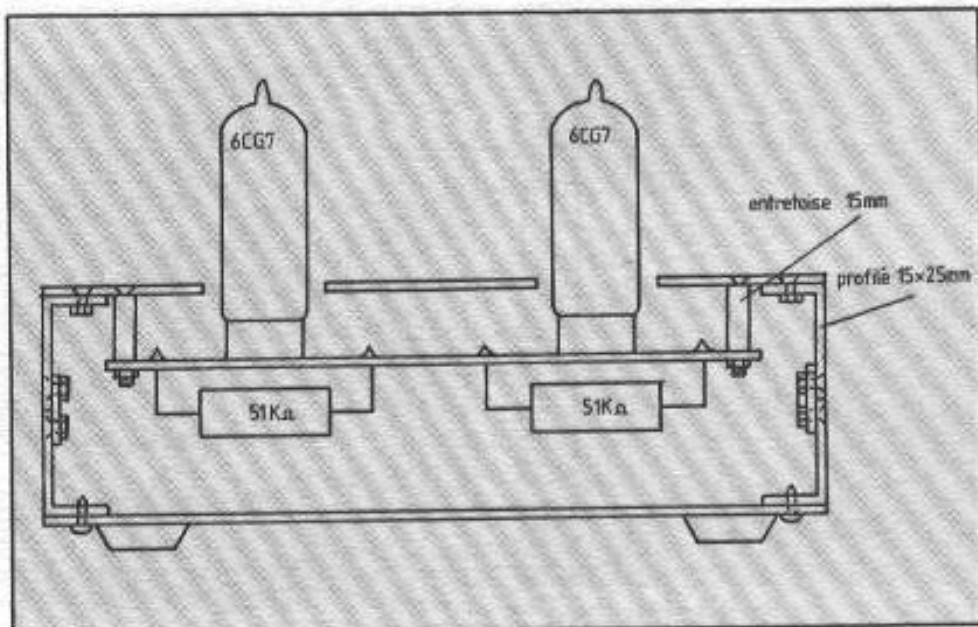


Fig 11 : Schéma de principe de la réalisation du coffret.

de 2 mm d'épaisseur. Les dimensions du capot en alliage d'aluminium dans lequel l'alimentation a été enfermée sont de  $170$   $\times$   $119$   $\times$   $68$  mm.

Sur la face avant, on trouve le connecteur femelle XLR de liaison au casque, l'interrupteur et le voyant de mise en marche constitué d'une diode LED alimentée par le 6,3 V à travers une

résistance de  $100$   $\Omega$ . Sur la face arrière, ont été disposés porte-fusible, cordon secteur et connecteurs Cinch plaqués or. Des trous sont forés dans le fond du châssis au niveau des tubes de sortie toujours pour faciliter l'écoulement de la chaleur. La figure 12 donne un plan général du châssis et la figure 13 le schéma de câblage.

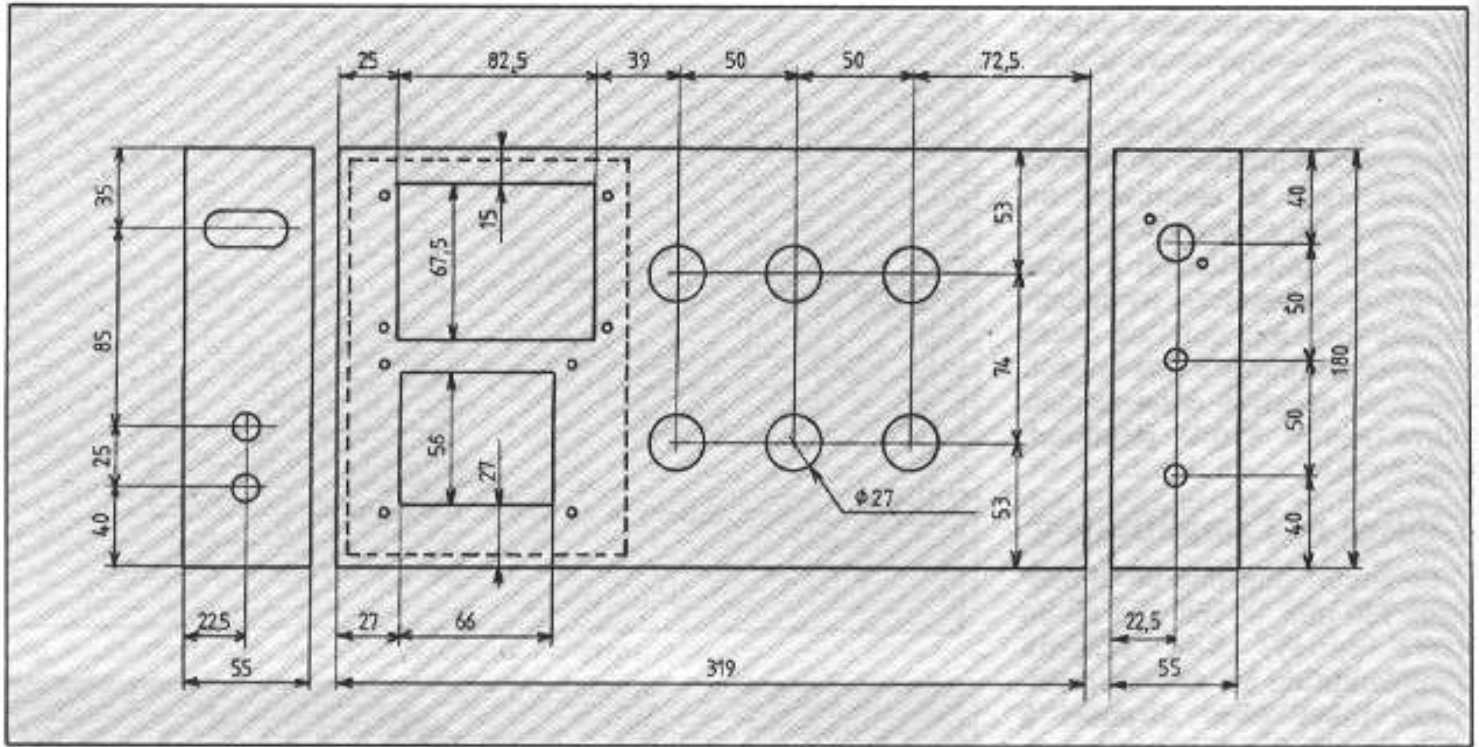


Fig 12 : Dimensions et plans de perçage du coffret.

## Essais et performances

La tension entre les lignes positive et négative pouvant dépasser 600 V, il est indispensable de prendre des précautions lors des essais et de la mise au point afin d'éviter une électrocution. Un oscilloscope pourvu d'une sonde atténuatrice est utile pour équilibrer les deux branches du push-pull et contrôler les performances. Il sera peut-être nécessaire d'augmenter la tension négative vers  $-360$  ou  $-370$  V afin d'obtenir une tension continue se situant entre 0 et 5 V sur les plaques des 6CG7; en l'absence de modulation, cette tension peut varier selon les tubes. Il faut remarquer que les deux boucles de contre-réaction peuvent véhiculer du continu vers les tubes d'entrée, ce qui peut déséquilibrer le montage. Malgré leur appairage, les triodes de ces tubes peuvent présenter des caractéristiques légèrement différentes, ce défaut est plus ou moins accentué selon les marques, ainsi il est possible de mesurer 1 V sur une plaque et 15 V sur l'autre.

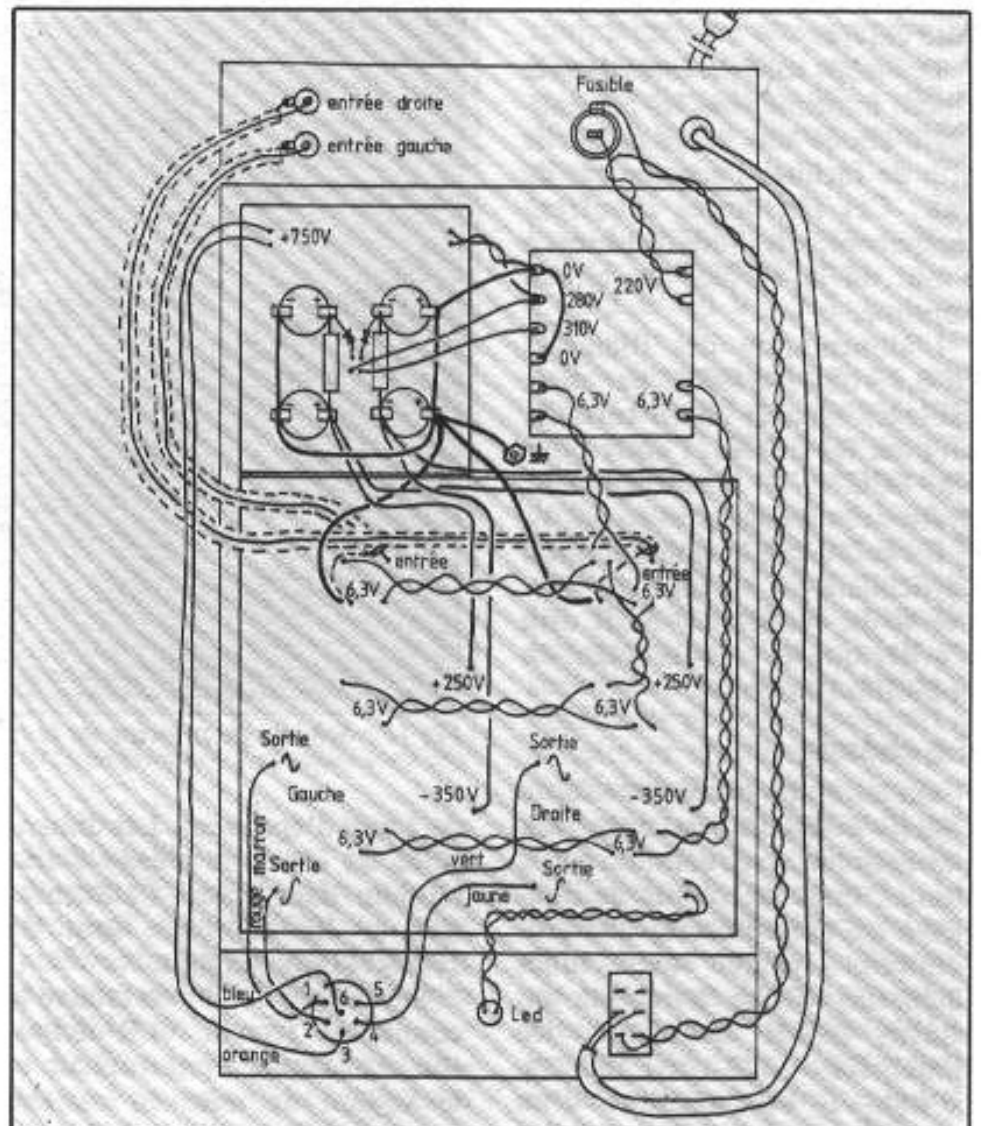


Fig. 13 : Détail du câblage.



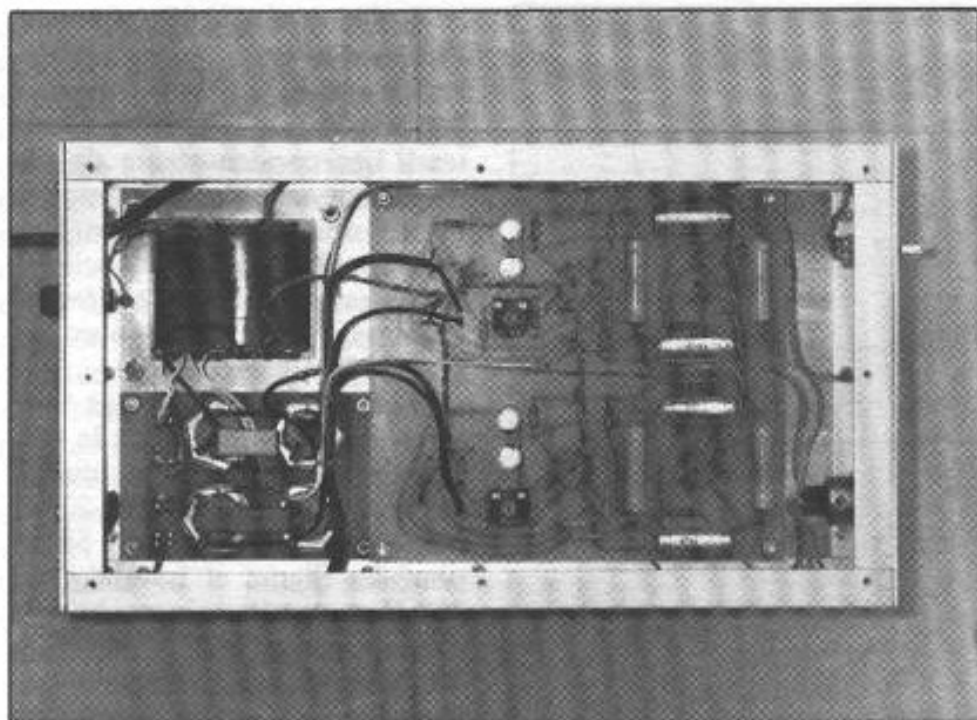


Fig. 13 bis : Vue générale du câblage.

Le niveau de sortie maximal est limité par rapport à l'adaptateur à transformateurs, mais l'écrêtage se fait en douceur.

Les sorties étant symétriques, en haute impédance et sans point de masse, les mesures sont délicates à effectuer car elles risquent d'être faussées par la charge constituée par le circuit de mesure, néanmoins avec 200 V efficaces entre les sorties, les performances suivantes ont été relevées :

- la bande passante à  $-3\text{dB}$  s'étend de 5 Hz à 60 kHz,
- la distorsion est inférieure à 0,25% à 1 kHz.

Il faut remarquer que 200 V efficaces entre les sorties donnent un niveau de pression acoustique élevé sur le casque, supérieur à un niveau d'écoute normal. Pour une tension de sortie à 1 kHz de 250 V efficaces, la sensibilité d'entrée est d'environ 500 mV. Avec une tension secteur de 230 V, la tension de sortie à l'écrêtage est de 340 V efficaces à 1 kHz.

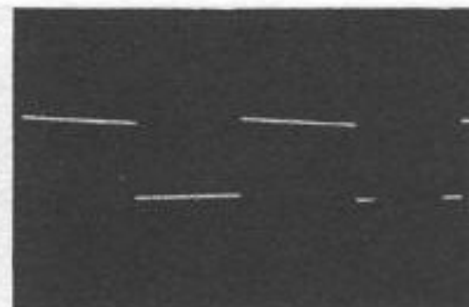
La capacité du casque étant de 150 pF y compris le cordon de liaison, on peut constater sur l'écran de l'oscilloscope, une

atténuation sur les fréquences élevées qui n'est sensible qu'à un niveau proche de l'écrêtage, encore faut-il tenir compte de la capacité du cordon de mesure. Cette atténuation est insignifiante avec 0,2 dB à 15 kHz pour 100 V entre les sorties. Il n'y a aucune influence sur les fréquences inférieures à 5 kHz.

Le niveau acoustique maximum sur le casque décrit dans le n°3 atteint 105 dB ce qui est acceptable, toutefois une saturation de l'extrême grave peut apparaître à partir de 95 dB sur certains CD, c'est le cas pour « Le Sacre du Printemps » de Telarc, direction Lorin Maazel.

### Ecoute

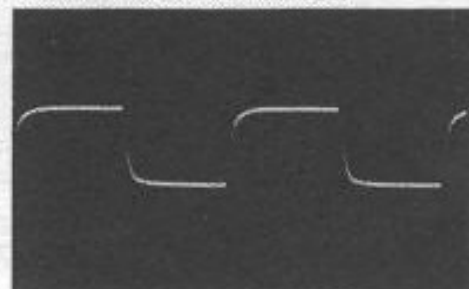
Comme sur tout amplificateur à tubes, les meilleurs résultats sont obtenus après quelques minutes de « chauffe ». Première impression, le timbre des instruments comme les cuivres ou les cordes ou la frappe du marteau du piano sont reproduits avec une vérité remarquable. Le grave et l'extrême grave sont présents sans distorsion, l'aigu est très fin, très défini,



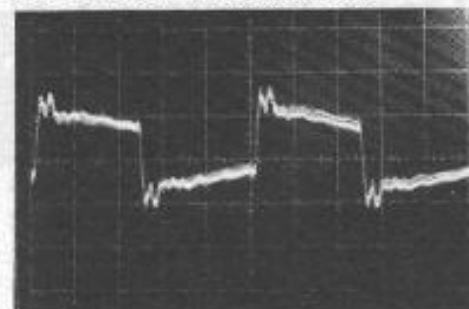
a) Signal carré à 40 Hz 200 V crête-à-crête entre les deux sorties.



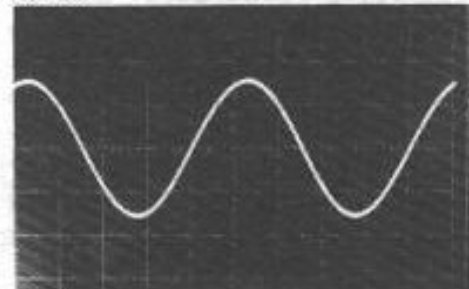
b) Signal carré à 1 kHz 200 V crête-à-crête entre les deux sorties.



c) Signal carré à 10 kHz 200 V crête-à-crête entre les deux sorties.



d) Signal carré à 200 Hz relevé sur le casque oreille artificielle, microphone Sennheiser KE 4, pression acoustique 90 dB.



e) Signal sinusoïdal à 1 kHz 600 V crête-à-crête entre les deux sorties (à 40 et 10 kHz, le signal a même allure).

Fig. 14 : Performances mesurées de l'amplificateur.



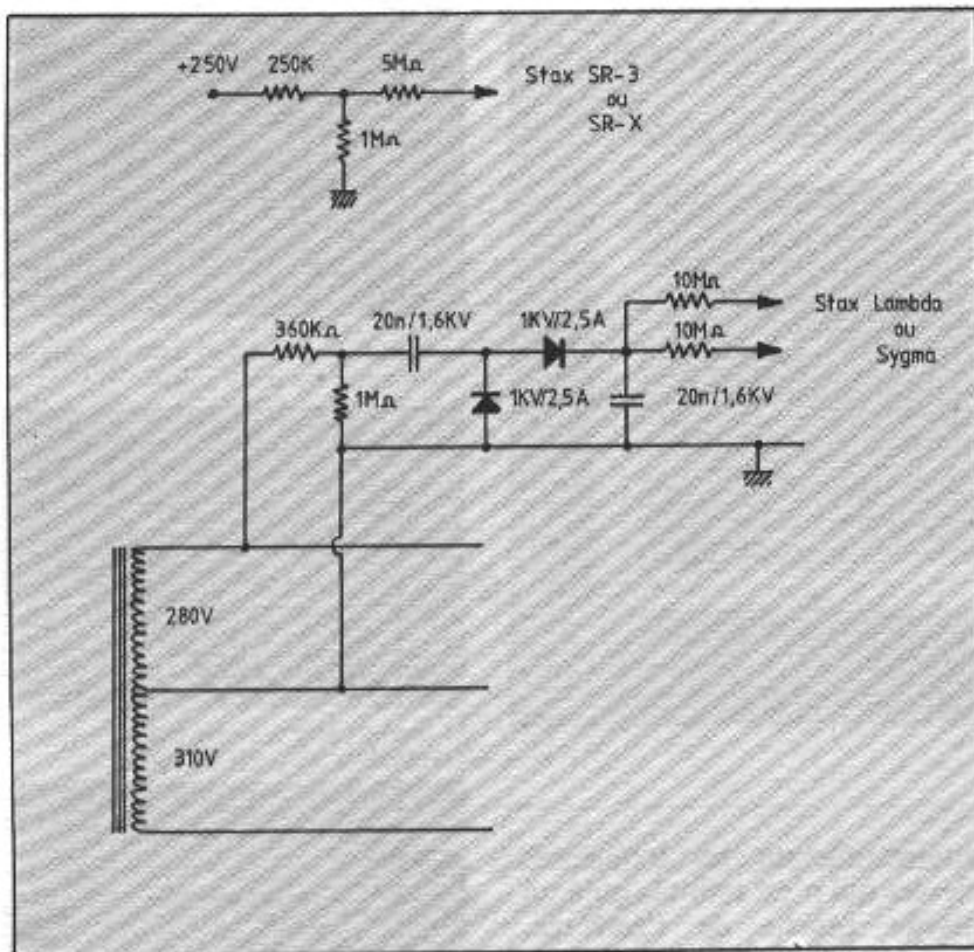


Fig. 15 : Adaptation de notre réalisation aux casques. Stax : Sigma ou Lambda (580 volts), SR-3 ou SRX (200 volts).

cisé sans aucune agressivité. L'image stéréophonique est meilleure qu'avec l'adaptateur à transformateurs bien que la séparation des canaux paraisse toujours excessive, défaut inhérent au casque, les instruments sont mieux situés dans l'espace aussi bien en largeur qu'en profondeur, quand au bruit de fond, il est totalement inaudible. Toutes ces qualités ne feront que se confirmer avec le temps. On supporte plusieurs heures d'écoute sans fatigue auditive à condition que le niveau soit raisonnable, j'estime personnellement que ce sont les mauvais casques qui sont dangereux pour l'audition, malheureusement ces casques sont majoritaires sur le marché.

### Améliorations et modifications possibles

Concernant ce circuit, il est possible d'imaginer une alimen-

tation stabilisée réglable permettant un ajustage de la tension de plaque des 6CG7. D'autre part, il serait souhaitable d'obtenir une tension de sortie plus élevée, de l'ordre de 500 V efficaces, dans le but de reculer de quelques précieux dB le seuil de saturation dans le grave. Ce qui implique d'augmenter les tensions d'alimentation avec les problèmes que cela posera aux tubes de sortie.

Il est envisageable aussi d'ajouter un circuit de temporisation de l'alimentation à la mise en marche, la haute tension n'étant connectée qu'après plusieurs secondes de chauffage dans le but d'éviter de trouver la tension anodique sur les électrodes de la cellule et d'éliminer le risque d'un dépassement de la tension nominale sur les condensateurs de l'alimentation au moment de l'allumage. A l'occasion d'un accident ayant affecté

la distribution d'électricité dans l'ouest, j'ai pu mesurer une élévation de la tension secteur à 260 V pendant plusieurs minutes ! Les condensateurs de filtrage sont capables de supporter une tension supérieure à leur tension nominale pendant quelques secondes, en serait-il de même si l'allumage s'effectuait avec un secteur à 260 V ?

La connexion au casque Stax est possible en modifiant la tension de polarisation du diaphragme. Elle doit être de 200 V pour les SR-3 et SRX, de 580 V pour les Sigma et Lambda. Le 200 V pourra être obtenu à l'aide d'un pont diviseur à partir du 250 V continu de l'alimentation. Pour le 580 V, on peut conserver le doubleur de la figure 8 mais il sera précédé d'un pont diviseur, la valeur de ses résistances déterminera la tension de polarisation. Cette tension sera vérifiée avant les résistances de 10 MΩ à l'aide d'une sonde THT à très haute impédance d'entrée, 1000 MΩ par exemple. Une tension de polarisation trop élevée, sans conséquences néfastes heureusement, aura pour effet de déstabiliser le diaphragme qui peut venir se coller à l'une des deux électrodes. Ces deux schémas d'adaptation sont représentés en figure 15. Un problème de connecteur se posera du fait de l'incompatibilité entre ceux utilisés par Stax, fabriqués au Japon par Sato-Parts et en principe non disponibles en France, et les XLR Neutrik ou Switchcraft utilisés dans l'amplificateur. L'adaptation aux casques électrostatiques Koss est délicate car ces casques ayant les électrodes côté oreille reliées à la masse, il est nécessaire de modifier la cellule elle-même.

### Evolutions de l'amplificateur

Les possibilités d'évolution sont nombreuses avec notamment la transistorisation des cir-

cuits d'entrée dans le but d'obtenir une meilleure symétrie du signal au niveau des drivers et la liaison en continu vers un étage de sortie à tubes conservant son principe actuel. On peut imaginer également un étage de sortie cascode ou SRPP, à faible impédance de sortie, dans une configuration proche des solutions adoptées par Beveridge ou Acoustat pour leurs haut-parleurs électrostatiques.

Reste la solution tout transistors conservant la liaison directe vers les électrodes. L'absence de transistors PNP haute tension n'arrange pas les choses, si ces transistors existaient rien n'empêcherait la réalisation d'un circuit employant les schémas habituels, par exemple la partie amplificatrice de tension des amplificateurs Kanéda.

Dans tous les cas, que l'on adopte une solution à tubes, à transistors ou hybride, il paraît indispensable de conserver le principe actuel de la liaison directe vers les électrodes. On est en droit de s'étonner de constater que la quasi totalité des amplificateurs pour transducteurs électrostatiques conservent ce condensateur de liaison alors que les amplificateurs pour haut-parleurs électrodynamiques l'ont éliminé il y a plus de vingt ans en adoptant une alimentation symétrique.

## Liste des composants

### Tubes

- 2 × 6CG7/6FQ7
- 4 × ECC81/12TA7
- 6 × Supports de tubes pour CI

### Diodes

- 4 × Diodes BY 255 ; 1N 4007 ou équivalent
- 1 × Diode LED 5 mm avec support

### Condensateurs

- 4 × 100 $\mu$ F/450 volts CEF à fixation par écrou

- 4 × 100 $\mu$ F/16 volts sorties radiales
- 4 × 47nF/630 volts minimum
- 2 × 20nF/1,6 kvolts

### Résistances (1/2 watt sauf indication contraire)

- 1 × 100  $\Omega$  1/4 watt
- 4 × 470  $\Omega$
- 2 × 1,5 k $\Omega$
- 4 × 2 k $\Omega$
- 4 × 250 k $\Omega$
- 4 × 300 k $\Omega$
- 4 × 470 k $\Omega$
- 2 × 10 M $\Omega$
- 1 × 1,5 k $\Omega$  5 W bobinée (voir texte)
- 1 × 3,3 k $\Omega$  5 W bobinée (voir texte)
- 4 × 51 k $\Omega$  7 W (voir texte)
- 2 × 4,7 k $\Omega$  Ajustable

### Divers

- Transformateur d'alimentation (voir texte)
- Châssis
- Circuit imprimé d'amplificateur
- Circuit imprimé d'alimentation
- Connecteur XLR femelle 6 broches châssis
- Passe fil pour châssis
- Fusible 5 × 20 1 A
- Porte-fusible 5 × 20 mm
- 2 prises Cinch femelles châssis
- 1 interrupteur secteur bipolaire
- Cordon secteur
- Fils de câblage ; visserie

### Références

**Electrostatic headphone design.** Instructions for making a simple and inexpensive high-quality unit. Philip D. Harvey. Wireless World Novembre 1971.

**Electrostatic headphones.** Letters to the editor. J. Halliday. Wireless World Janvier 1972.

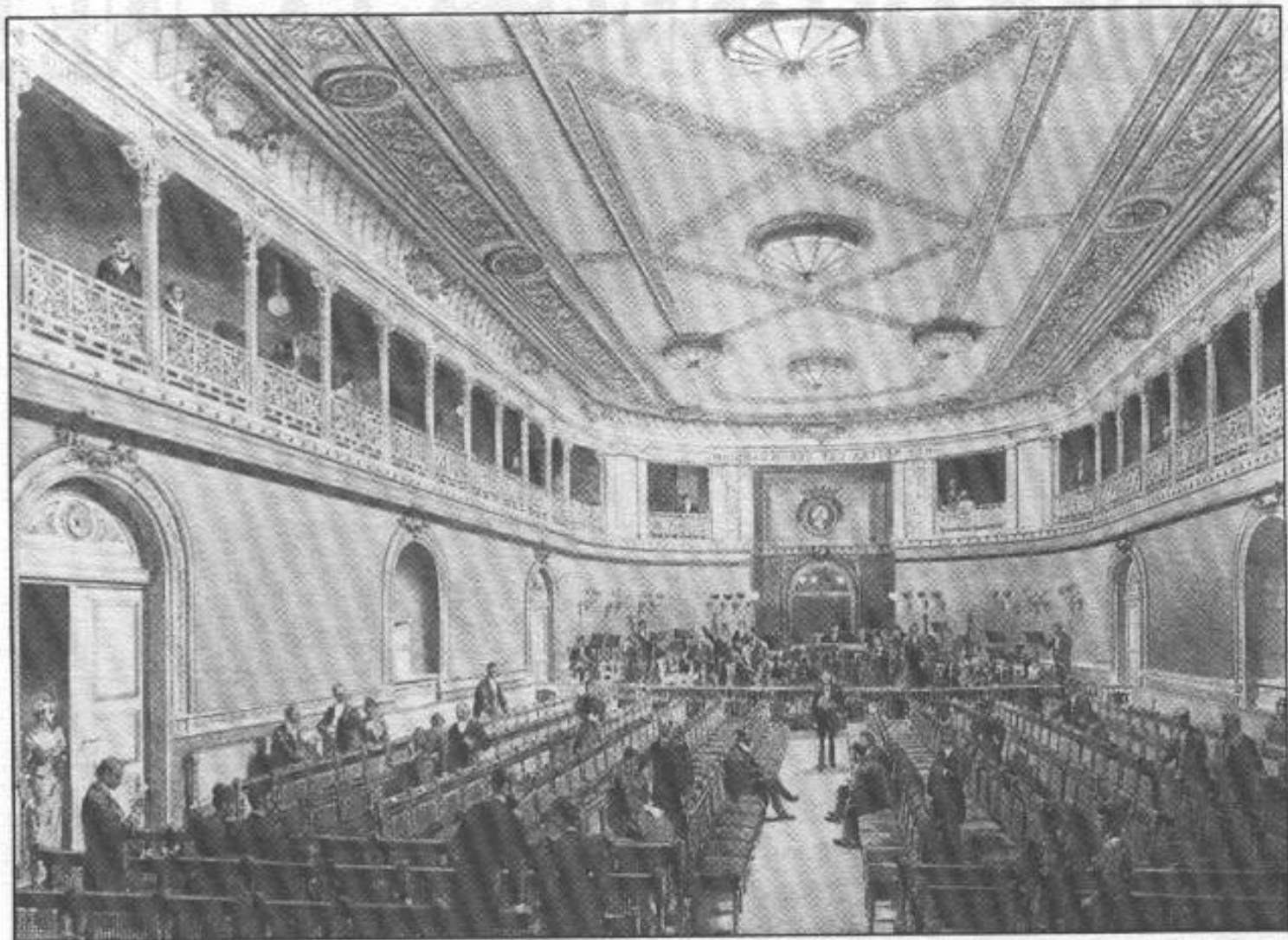
**Electrostatic headphones.** Constructional design with improved acoustic output. Neil Pollock. Wireless World Novembre 1979.

Notices techniques  
Audax et Stax.

**Page non  
disponible**



**Page non  
disponible**



*La salle des drapiers (Gewandhaus) de Leipzig a servi de modèle à de nombreuses salles de concert au 19<sup>e</sup> siècle. L'acoustique (empirique, en cette fin de 18<sup>e</sup> siècle) y sert parfaitement l'architecture musicale.*

**L**a musique est une architecture vivante, l'architecture est une musique figée. » Le jeu des sons (contrepoint musical) et le jeu des lignes (colonnes, arabesques) pourraient, en entrecroisant leurs proportions, donner du volume à cette proposition lapidaire. Pourtant, l'architecture — immobile — doit se parcourir, tandis que la symphonie — invisible, impesante — nous entraîne dans son mouvement. L'une persiste dans l'espace, lorsque l'autre s'accomplit dans la durée. Et si un lieu, architecturé pour la musique, décoré pour elle, imprègne l'auditeur de sa beauté solide et élancée, c'est surtout dans sa sonorité, dans ses degrés de réverbérance, qu'il s'unit à elle. C'est que l'acoustique peut magnifier ou détruire une architecture musicale. Aussi le style d'une œuvre ne saurait être pensé en dehors des lieux où elle se donne.

# Musique et Architecture

Une salle sonore, aux murs réfléchissants, renforce le son en le prolongeant, exactement comme les murs blancs d'une pièce soutiennent la luminosité ambiante. Mais ce renforcement, temporisé par la faible vitesse des ondes, n'est pas immédiat comme celui de la lumière : un traînage se fait entendre, qui doit être dosé.

« Les auditoriums se rangent en deux catégories, selon qu'ils résonnent comme des corps creux ou comme le plein air. La première, où se développe la musique, a engendré la salle de concert, tandis que la seconde, plus appropriée au discours, a donné naissance à la salle de théâtre. » (1).

La musique se diffuse en fait en trois acoustiques : le plein-air, la « chambre » et la grande salle résonnante. Mais la pleine sonorité indispensable à la musique d'orchestre n'est obtenue

qu'en champ semi-réverbérant. Si l'orchestre ne peut obtenir des *forté* bien sonnants, le plaisir de l'audition s'en trouve réduit : l'espace clos devrait mettre l'auditeur à l'abri d'une telle déconvenue.

C'est ainsi que la « grande musique » a été jouée au Moyen-Age dans les églises, sous la Renaissance dans les palais, à l'époque baroque dans les cours princières et à partir du milieu du 18<sup>e</sup> siècle, dans les salles de concert. L'histoire de la musique se réfléchit nécessairement dans l'histoire architecturale des édifices où elle se produit. Car l'acoustique impose ses conditions aux compositeurs. « Certaines orchestrations, écrit Charles Koechlin, ne sont à leur place que dans une atmosphère intime ; d'autres ne prennent toute leur valeur qu'en de vastes espaces... » (2). Et l'auditoire est particulièrement sensible aux

acoustiques, dont chacune s'adapte aux différents styles musicaux.

Nous essayons à présent de clarifier l'histoire de cette relation forte : celle de la musique à l'acoustique architecturale.

## De la musique ancienne à la musique romantique

Le grand théâtre de plein air, méditerranéen, solaire, avec ses gradins en hémicycle est en ruines quand se développe plus au nord l'édifice abrité, l'église ou la batisse fortifiée. Déjà, dans les églises romanes, les notes successives du plain-chant se réfléchissent et s'attardent dans les galeries latérales ; en se superposant, elles dialoguent. La musique occidentale connaît ainsi l'harmonie avant même que naisse, vers l'an 1000, cette pratique



d'embellir le son en multipliant les mélodies. L'espace résonnant, qui facilitait la justesse du chant, va cette fois interférer avec la polyphonie vocale, car la musique doit sonner sans se confondre. Le temps de réverbération prolonge artificiellement l'extinction de chaque note, aussi l'articulation rythmique doit être détachée, ralentie.

Si les notes s'écourtent rapidement, des figures rythmiques plus alertes sont envisageables. Dès 1240, les musiciens ont ainsi recours à la notation mesurée des durées. C'est que la **musique ancienne** exige à la fois la fusion et l'intelligibilité des voix, c'est-à-dire le suivi des lignes mélodiques, sans la préoccupation des timbres en mélange, puisque les voix sont « égales » dans leur développement. La distance noie les timbres, mais les attaques, détachées et simultanées, arrivent à l'auditeur, dans un mouvement clair, avant la résonance du lieu. L'*écriture contrapuntique*, basée sur le déploiement et l'enchevêtrement des voix, précise et distribue les intervalles, les silences, les durées.

Au Moyen-Age, la cathédrale gothique, aux proportions rigoureuses et « consonnantes », multiplie les échos et les harmonies retardées. De sorte que les rythmes compliqués et les harmonies imbrisées de l'Ars Nova (14<sup>e</sup> siècle) ne s'expriment que dans les salons intimes pour lesquels ils ont été conçus. Alors que le grégorien, aux mouvements graves, aux mélodies ancrées sur des intervalles stables, convient à la méditation, à l'élévation des grandes nefs. Tandis qu'à Venise, sous les cinq coupes réunissant les fidèles et les clercs autour de l'autel central, on entend le dialogue entre deux chœurs opposés faire écho au *répons* grégorien. « Andréa et Giovanni Gabrielli ajoutent, dans les années 1580, des instruments à ces chœurs alternés ; l'introduction d'un deuxième

orgue permet à l'oncle et au neveu d'exécuter des partitions « doubles » et de confirmer l'appellation de « concours » ou *concerto...* » (3).

La musique se spatialise, accroît ses sonorités, diversifie ses timbres.

Au moment où l'amphitéâtre classique se couvre (Palladio à Vicence, 1583), le théâtre baroque va se développer. « Le fer à cheval » caractéristique se garnit de loges, de balcons, de draperies, de spectateurs... très habillés. Une réverbération courte, un volume plus restreint donnent une acoustique claire, intime, propice aux *aria* ornementés.

Dans la **musique baroque** (1600-1750), les voix se multiplient : exposition, sujet, contre-sujet, réponses. Les instruments s'agrègent, combinent leurs tessitures. Mais si les différentes parties n'ont plus toutes le même intérêt du point de vue mélodique, elles ne peuvent pour autant se masquer les unes les autres dans le tissage polyphonique. L'articulation des voix doit garder son intelligibilité.

Purcell change de style selon qu'il écrit pour l'abbaye de Westminster, la Chapelle Royale ou le théâtre. Alors que la viole (tout comme le clavecin ou la flûte) est adaptée aux salons du 16<sup>e</sup> siècle, elle perd ses résonances harmonieuses, son toucher délicat dans les grandes salles du 17<sup>e</sup>. Les violons, les violoncelles s'adaptent alors aux volumes grandissants des lieux, ainsi



Fig. 1 : La cathédrale gothique (Saint Denis) fait entendre les voix en mélange fusionné.

qu'aux accents, aux contrastes de dynamique. La basse continue énoncée par la main gauche du clavecin, doit être entendue. Un rééquilibrage des forces sonores est opéré : l'attaque incisive du clavecin est renforcée par le « corps » du violoncelle qui soutient la ligne de basse, trop faiblement rendue par la corde pincée (4).

Dans les édifices catholiques, l'orgue accompagne les rites, soutient les ambiances liturgiques. Trois secondes de réverbération donnent la pleine sonorité à une toccata. Les points d'orgue, notés sur la partition, laissent parler la nef et ses résonances. Le jeu lié (*legato*) ou détaché (*staccato*) affecte les

Fig. 2 : La fameuse Toccata en ré nous montre, dès l'ouverture, le dialogue entre l'instrument et le lieu. Les points d'orgue ♩ laissent parler la nef.

sons courts et longs d'un *diminuendo* variable. Un *tutti* soulève une déferlante de graves qui masque les médiums-aigus. L'organiste est parfois amené à alléger la registration des basses, supprimant certains 16 ou 32 pieds. Une trille fabrique sa dissonance ; un trait polyphonique rapide doit être joué moins fort ; les silences retiennent des graves qui tardent à s'évanouir.

Les architectes, en concevant les édifices religieux, tentent de concilier forme et fonction. Lorsque le sermon devient l'élément majeur du service protestant, les églises se font moins volumineuses, moins réverbérantes, plus claires. L'église Saint Thomas de Leipzig, où Jean-Sébastien Bach fut Cantor, est ainsi remodelée : draperies, galeries annexes, boiseries, abaissent le temps de réverbération à 1,6 seconde. La Passion selon St-Matthieu, les Cantates mêmes, bénéficient de cette disposition : on y entend plus nettement les cordes, les tempi sont plus lestes, les changements d'harmonie plus rapides (5).

Le temple protestant, en se couvrant de lambrissages, de décors en bois, « invente » le panneau fléchisseur. Le lambris absorbe les basses de sorte qu'elles ne masquent plus le détail des *arias* ou des récitatifs. Les formants « o » et « a » don-

nent à l'acoustique un ton clair et brillant. Les ondes, invisiblement réfléchies, mènent un chemin flatteur.

Cependant, la musique de chambre autorise à des notes de passages plus rapides encore, à des modulations harmoniques plus serrées. La **musique classique** cherche plus la clarté que l'émotion diffuse. Les fioritures qui enjolivent la mélodie de base, et les émotions délicates, un peu rentrées, des œuvres du 18<sup>e</sup> siècle, se révèlent mieux dans les petites salles, souvent bondées, et par là moins réverbérantes. Des parois latérales rapprochées, aux réflexions puissantes, donnent un son plein et de haute définition ( $T_R \approx 1,2$  s).

De même, l'introduction de nouveaux instruments modifie la densité et l'intensité sonores. Les vents et les bois renforcent les cordes dans les médiums-aigus. La sonie apparente s'en trouve augmentée, si l'on se rappelle que les notes du  $la_4$  au  $la_5$  sont recueillies par la plus forte sensibilité de l'oreille à ces fréquences.

Au 18<sup>e</sup> siècle, Londres est la capitale musicale de l'Europe. La musique se joue aussi bien dans les palais de l'aristocratie que dans les tavernes : « commerçants et employés y appréciaient le concert en même temps que la bière et le tabac » (6). Des



Fig. 3 : L'église St Thomas où J.S. Bach fut Cantor. Le service luthérien incite à modifier l'acoustique pour améliorer l'intelligibilité du discours.

nuits musicales sont également organisées dans des « salles de musique », ouvertes à un public raffiné, tandis que le plus grand nombre se contente des jardins d'agrément : moyennant un droit d'entrée, les familles peuvent y recevoir du thé, s'y promener et écouter de la très bonne musique... de plein air.

En Allemagne, Leipzig, ville commerçante et universitaire, a une solide tradition musicale. En 1780, le bourgmestre persuade le conseil communal de transformer une bibliothèque, située au-dessus de la *Gewandhaus*, en salle de concert. Rectangulaire, la salle haute mesure 23 mètres de long, 11,5 mètres de large et 7,4 mètres de haut. Les sièges (400 places) sont alignés parallèlement aux grands côtés, si bien que les membres de l'assistance se font face. L'estrade accepte un orchestre d'une cinquantaine de musiciens. Le volume général ressemble à celui d'une « boîte à chaussures ». Les planches, les murs, sont garnis de fins lambris. La musique est entendue avec une grande clarté ( $T_R = 1,3$  s) et une force dynamique considérable (petit volume).

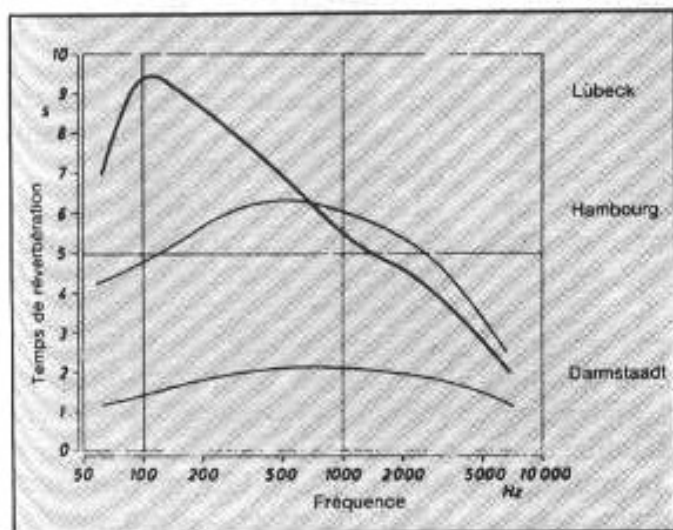


Fig. 4 : Réverbération constatée à Ste Marie de Lübeck (cathédrale gothique) à St Michel de Hamburg (église baroque) et à la chapelle du Palais de Darmstadt (édifice « Renaissance »).



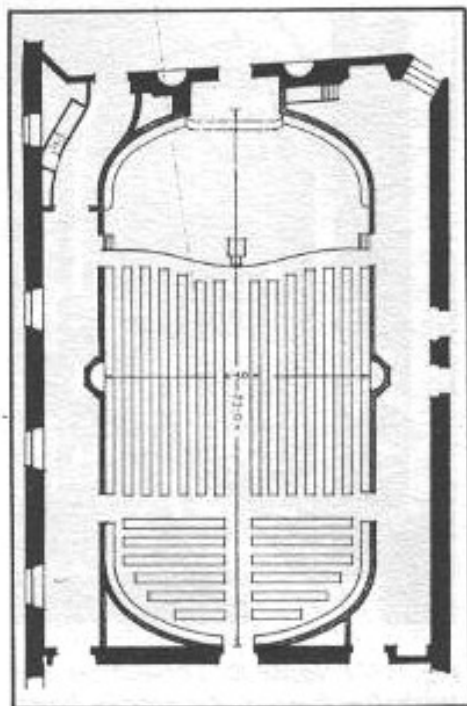


Fig. 5 : La Altes Gewandhaus (1780) dispose de 400 places, et devint célèbre grâce à Mendelssohn (1835).

Dérivée des salles de bal des palais, la *Altes Gewandhaus* de Leipzig annonce cependant la fin des mécénats royaux et aristocratiques (7).

## Du romantisme à l'époque contemporaine

Jusqu'au 18<sup>e</sup> siècle, les compositeurs écrivent habituellement pour un type particulier de construction : la cathédrale gothique, l'église baroque, le théâtre de palais. Les commanditaires apprécient une musique sur mesure, adaptée à une ambiance acoustique donnée. La croissance industrielle, le développement urbain, l'extension d'une bourgeoisie cultivée entraînent, au début du 19<sup>e</sup>, une forte demande de divertissements musicaux. Les concerts publics se développent. Les salles s'agrandissent. De grands ensembles symphoniques voient le jour. La **musique romantique** nécessite une salle ample dans

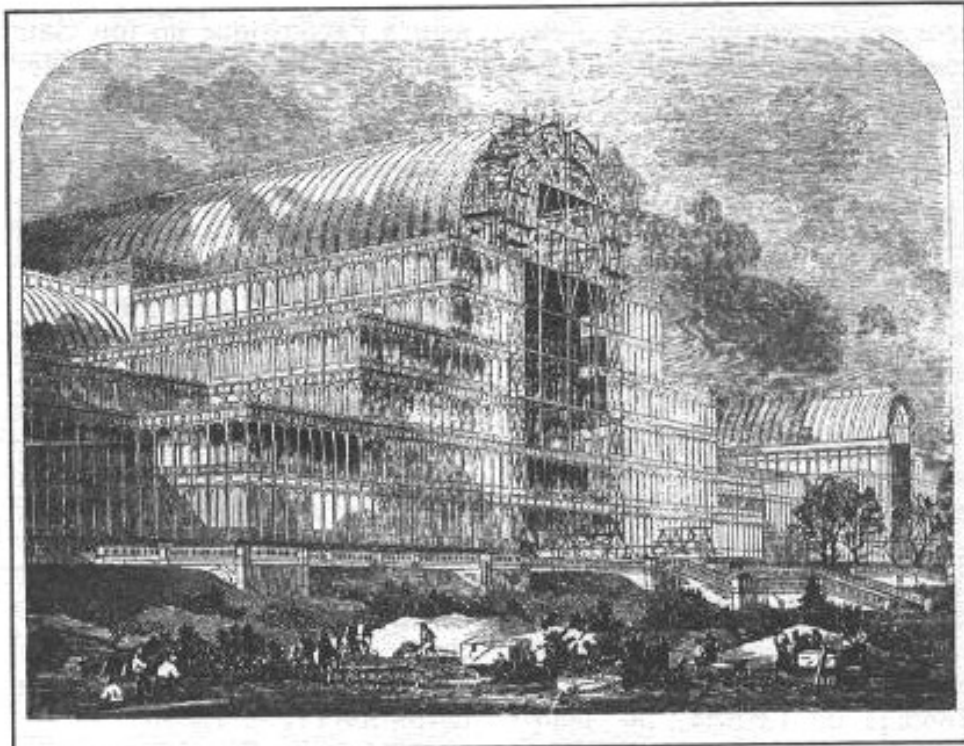


Fig. 6 : Crystal Palace : 10 concerts gigantesques chaque semaine du milieu jusqu'à la fin du 19<sup>e</sup> siècle.

laquelle les basses peuvent mugir, les cuivres sonner avec éclat et ampleur. Pourtant les œuvres nouvelles ne sont que les fragments d'un répertoire grandissant, appelé à être joué dans les circonstances les plus diverses. Néanmoins, on remplace le clavecin par les timbales (...), on multiplie les instruments, on augmente leur puissance, on donne dans le gigantisme. Berlioz plaide pour un effectif de 242 cordes, 30 pianos, un nombre égal de bois et de harpes, avec les cuivres à proportion ! De grandes serres sont érigées dans les parcs et jardins de Londres (Crystal Palace). Dans presque chaque grande ville, on construit un lieu pour la musique. Des salles de 1 500 places ou plus accueillent une musique désormais monumentale, vécue à grande échelle.

Avec des temps de réverbération élevés (1,9 à 2,4 s), on souhaite souligner les effets de masse plutôt que détailler les finesses. On brasse la musique dans une image globale, s'éle-

vant dans de vastes crescendos. L'harmonie, orchestrée autour d'une mélodie, peut devenir plus forte, plus sonore. Le compositeur fait cependant « ressortir la phrase » en prescrivant la dynamique (*pp* à *ff*) de chaque instrument ou groupe d'instruments. L'instrumentiste, usant du *rubato*, module la vitesse des sentiments sur celle du jeu, adapte la régularité rythmique aux possibilités acoustiques du lieu. Tout comme le chef d'orchestre modifie les nuances en fonction de la salle (8). Car, dans certaines d'entre elles, le son, amplifié par les parois, y roule interminablement, rattrapé ici ou là par des échos gênants (*Royal Albert Hall*, 1871).

La *Grosser Musikverein de Vienne*, érigée en 1869, fait partie du décor architectural de la Ring-strasse, regroupement grandiose de monuments. L'orchestre philharmonique de Vienne s'y installe en 1870. Cette grande salle dorée, longue et étroite (56,3 × 19,8 m) dispose de 1 680 places et... d'un plafond



très haut, puisqu'elle offre un volume de 14 600 m<sup>3</sup>. Pourtant, lorsqu'elle est pleine, la salle a un temps de réverbération proche de 2 secondes aux fréquences moyennes. Les sièges en bois, les galeries latérales, les colonnes, les balcons, les statues, le plafond à panneaux, les quarante fenêtres hautes et étroites, contribuent à l'excellente acoustique du lieu. Le volume, les surfaces en plâtre dur donnent un ton plein, riche et grave, tandis que les surfaces en décrochement fournissent à tous les fauteuils un son réfléchi, très proche du son direct (décalage très bref).

Tout comme la *Neues Gewandhaus* (ouverte en 1884), la *Grosser Musikverein*, avec sa grande salle rectangulaire, s'inspire du modèle « boîte à chaussures », qui pullulera dans toute l'Europe à la fin du 19<sup>e</sup>. Sabine — fondateur de l'acoustique moderne — l'utilisera en 1895 pour la construction du *Boston Symphony Hall*. Une estrade en pente, un pourtour de scène en bois d'épaisseur moyenne, une grande variété de surfaces décrochées (colonnes, pilastres, encorbellements, fenêtres, caissons, statues, balcons), un garnissage en plâtre assurant à ce modèle

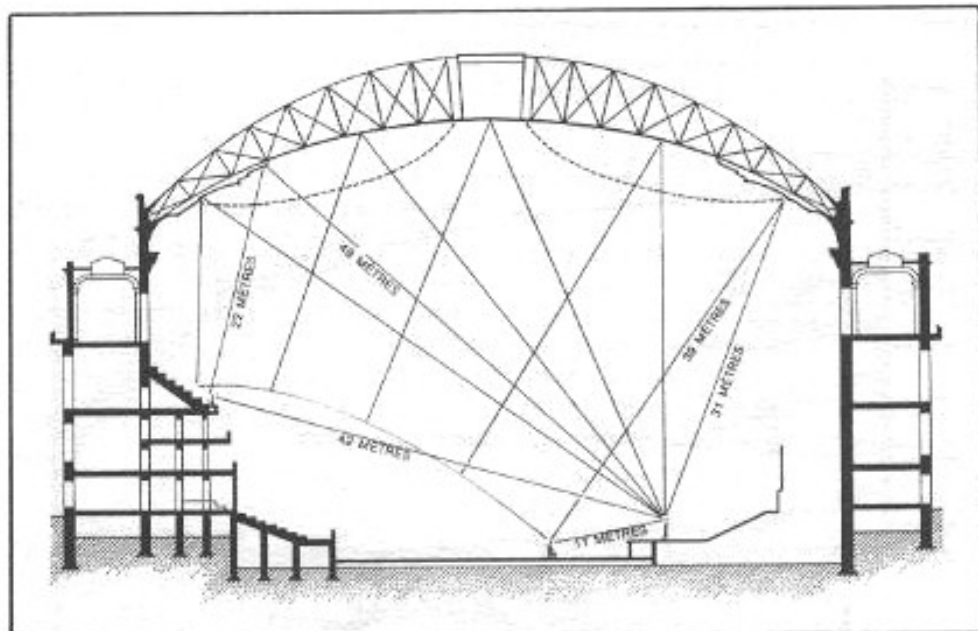


Fig. 7 : Le Royal Albert Hall, inauguré en 1871 était, à l'origine, « infesté » d'échos réfléchis par le grand dôme. Un velum (en pointillés) améliorera l'acoustique.

l'emplissement et la plénitude sonore capables de satisfaire aussi bien la rigueur classique que l'exubérance romantique.

Au tournant du siècle, l'architecture métallique va renouveler les acoustiques. On peut construire des balcons longue portée, aptes à supporter un public très important (et absorbant !) dans un espace relativement restreint (*Carnegie Hall*, *Queens' Hall*). La musique moderne exige, du

reste, la lisibilité des structures rythmiques. Comment jouer « le Sacre du Printemps » avec une réverbération plus longue qu'une seconde et demie ?

Il faut que la réverbération ait une extinction suffisante dans les premiers moments de la décroissance, pour que la note suivante ne soit pas escamotée par la précédente. La musique de Debussy, avec ses contours élégants, ses couleurs chatoyantes,

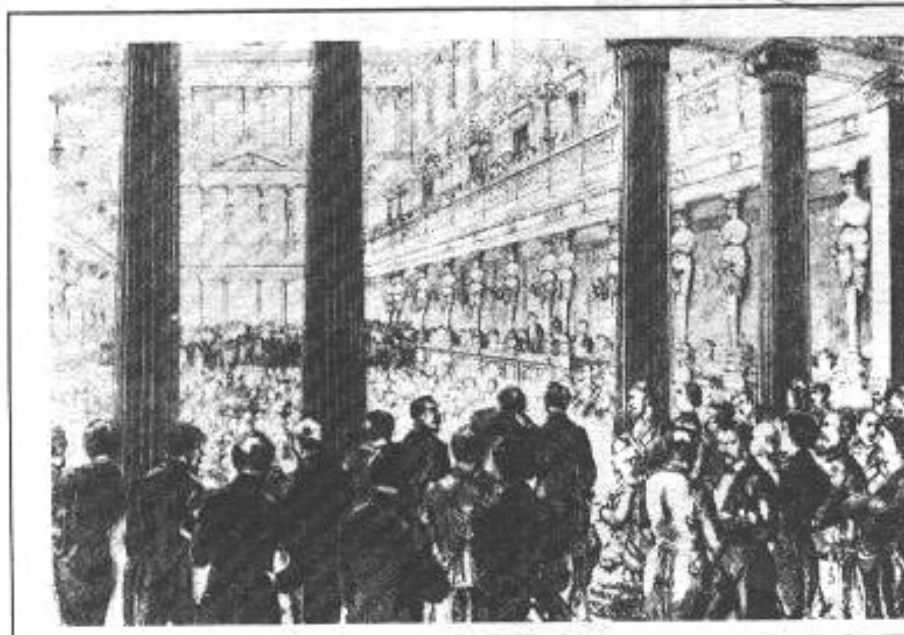
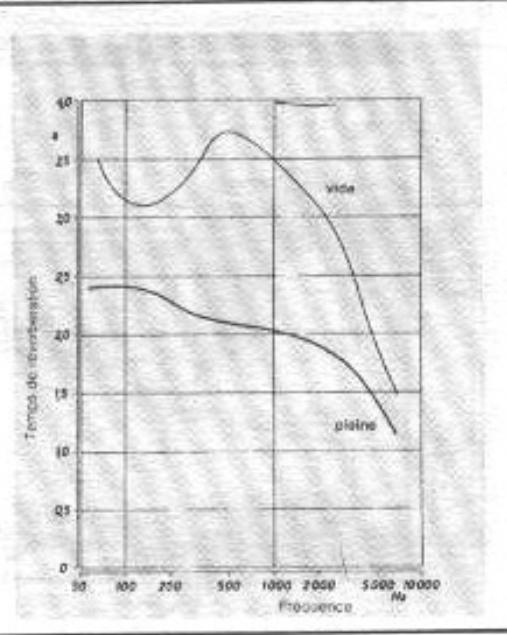


Fig. 8 : La *Grosser Musikverein* (1870) est considérée comme une des meilleures salles de concert au monde. Elle convient aussi bien au classique qu'au romantique.



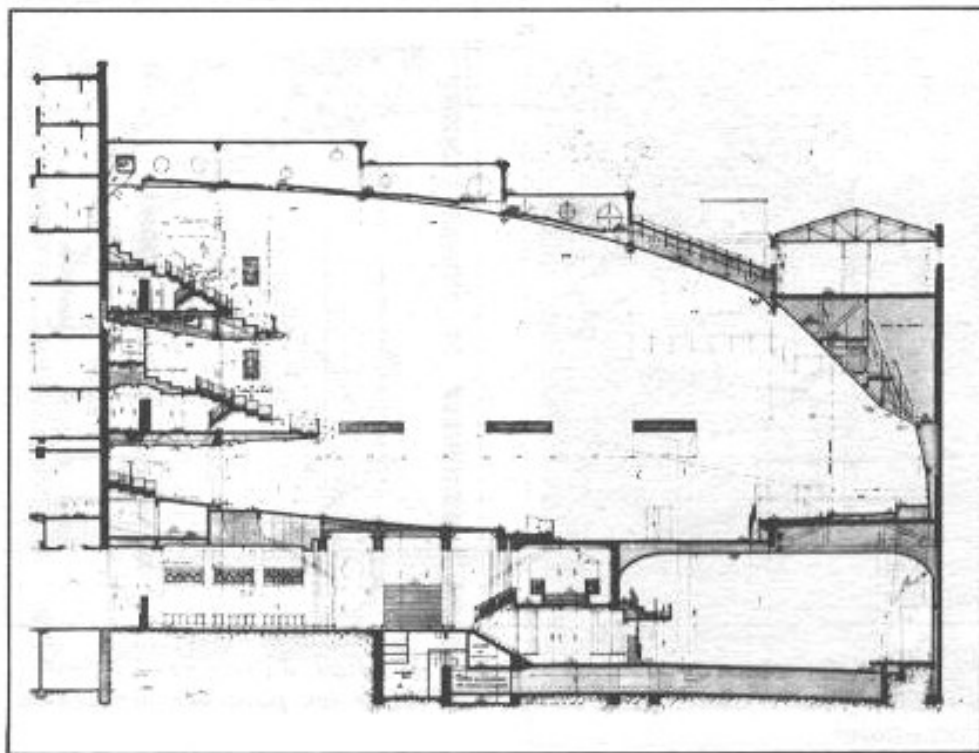


Fig. 9 : Salle Pleyel. De nombreux aménagements ont été nécessaires pour ne conserver que les qualités du lieu.

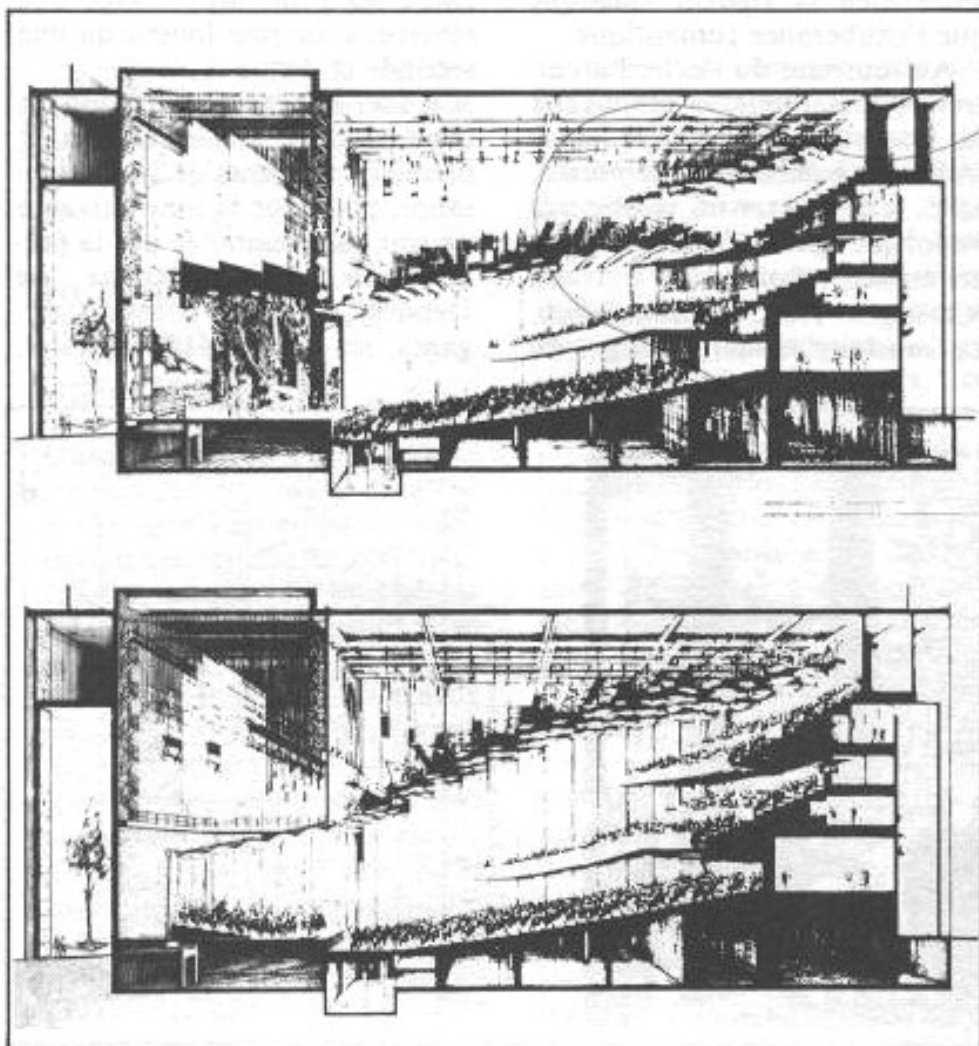


Fig. 10 : La polyvalence a-t-elle un avenir ? Jesse Jones Hall for Performing Arts (Houston, Texas, 1966).

ses jaillissements impalpables, ne semble pas non plus nécessiter un auditorium réverbérant, car elle développe une réverbération interne, en forme de sustain. Quant à Malher, il ne souhaite pas laisser l'image sonore se dégrader dans les aléas d'une acoustique. Il modifie la partition, au besoin. Trop de réverbération grave anéantirait certains effets symphoniques (9).

L'acoustique du *Konserthüs* de Göteborg dans cette option est remarquable. Construit en 1935 par Nils Einar Erikson, il est tapissé de bois qui absorbe les basses et réfléchit les aigus, dans un savant dosage, un parfait équilibre tonal.

Au 20<sup>e</sup> siècle, le traînage acoustique des salles diminue ; ceci résulte aussi de la volonté d'accueillir des auditeurs en plus grand nombre. Les murs de côté — si pratiques acoustiquement — sont écartés, et c'est le plafond qui devient l'élément dominant de la transmission du son réfléchi. La surface assise grandit, avec des fauteuils capitonnés, largement espacés. Mais l'énergie qui atteint les parois latérales est déjà trop faible quand elle doit se réfléchir pour aller, en chemin inverse, vers les auditeurs.

La salle Pleyel (1927) canalise la musique vers le fond, mais l'impression, venue du plafond, paraît monophonique. De nombreux aménagements seront nécessaires pour en neutraliser les défauts (1929).

Au milieu du 20<sup>e</sup> siècle, les considérations économiques des gestionnaires entraînent les architectes vers les grands volumes et la « polyvalence » des salles. Barrières absorbantes, rideaux rétractables, surfaces réfléchissantes ajustables les amènent à de furieux compromis ! Car, à mesure que les auditoriums s'agrandissent sous la pression des impératifs économiques, le danger des défauts acoustiques grandit parallèle-

ment ! Alors on tue le champ diffus — comme le pavé a raison de la mouche ! — pour être bien sûr qu'il n'y ait plus de distorsions spectrales, des échos séparés, des sons non uniformes... Si ces salles conviennent à la **musique contemporaine**, aux rythmes cadencés, aux résonances cristallines, aux sonorisations calibrées, peut-on encore parler d'acoustique ? Où sont passées la diffusité, la plénitude sonore ?

Le jeu instrumental doit changer en conséquence : dans une salle trop claire ou trop mate, on arrondit l'attaque, on prolonge la chute ; parallèlement on force la dynamique, comme pour rattraper la réverbération défaillante. Non sans inconvénients : le bruit transitoire est augmenté ; le spectre est élargi par une attaque trop brusque. Mais que faire d'une symphonie de Haydn, jouée par 21 musiciens devant 3 000 auditeurs, alors qu'elle a été écrite — sans considérations de marketing — pour un public de quelques centai-

nes ? La tentation est grande de produire les concerts en églises, sans estrade inclinée, sans modifier la réverbération, excessive pour la plupart des musiques... Au fait, qu'entend-on encore au dixième rang ?

Faut-il rappeler que chaque musique a besoin d'un lieu propre, d'une acoustique adaptée ? Le concert peut-il alors se démocratiser sans mutiler la musique ?

(1) Cf. p. 29, in « Architecture et musique » de Michaël Forsyth — publié chez Mardaga, Bruxelles, 1987 — Ouvrage complet et en tous points remarquable.

(2) Charles Koechlin : « Traité de l'orchestration », Paris, Eshig, 1954.

(3) Cf. Daniel Charles « Architecture et musique », Encyclopedia Universalis, supplément 1990.

(4) On consultera avec intérêt le travail de Jacques Nisin « Musicologie et prise de son », mémoire de fin d'études, conduit à l'INSAS sous la direction de Carl Ceoen.

(5) Une église médiévale est toute brouillée dans les dissonances et les

surimpressions polytonales, cf. Michaël Forsyth, op. cité. L'amélioration empirique et hasardeuse des acoustiques a laissé de bonnes et mauvaises salles. Une sélection « naturelle » en a conservé les meilleures.

(6) Forsyth, ibidem. On se reportera, pour un développement complet de la question, à l'ensemble de l'ouvrage, unique en langue française, et encore disponible.

(7) Le théâtre lyrique, qui répond à des besoins musicaux et reflète les exigences sociales des amateurs d'opéra ne pourra être abordé dans un article aussi court. Remarquons cependant que l'architecture y subit les contraintes de l'apparaître et du « rangement » social (escalier d'honneur, disposition hiérarchique des loges, etc.).

(8) Le mélange des sons estompe le sujet et l'auditeur est invité à projeter ses sensations et ses émotions dans l'œuvre. L'effet de masque (son sur son) convient bien au « spleen » romantique.

(9) Il faudra attendre le studio d'enregistrement pour délivrer la musique des conditions particulières de certaines acoustiques. Avec son corollaire obligé : la réverbération artificielle...



**Page non  
disponible**

# POINT DE VUE

## Tubes et musicalité (3)

**L**

es deux premières parties ont montré :

— pour les deux formules tube et transistor, des qualités hors pair vis-à-vis de celles des autres maillons en matière de linéarité de fréquence et de bande passante, avec des temps de montée compris entre  $0,5 \mu\text{s}$  et  $10 \mu\text{s}$ , là où un lecteur laser fait  $15$  à  $25 \mu\text{s}$ , un haut-parleur  $10$  à  $50 \mu\text{s}$  ;

— pour la formule à tubes, une distorsion globale généralement plus grande, mais évoluant progressivement au fur et à mesure que la puissance délivrée croît.

Techniquement, ce qui fait souvent la différence est l'application de taux de contre-réaction à des niveaux assez différents : plutôt faibles aujourd'hui avec les tubes (stabilité oblige), plutôt fortes avec les transistors (dispersion des caractéristiques oblige).

L'analyse des différences de comportement continue avec l'examen des contenus de la distorsion (spectre harmonique et intermodulation).

### Quels harmoniques

Les vieux routiers de l'électroacoustique savent que toute l'histoire de l'électronique de puissance à tubes s'est construite autour de la querelle entre tenants de la triode ou de la pen-

tode puis du montage ultralinéaire (cf. encadré), avec comme différences en matière de distorsion :

— le tube triode produit surtout de l'harmonique 2 (lequel est quasiment annulé par le montage push-pull),

— le tube pentode produit surtout de l'harmonique 3,

— le montage ultralinéaire minimise les distorsions d'ordres 2 et 3 (cf. encadré).

Il faut cependant noter que la réduction des harmoniques de

rangs pairs est conditionnée par un bon équilibrage des branches du push-pull, en y incluant le système parasite vu du primaire du transformateur de sortie. C'est ce que montre la figure 1 qui révèle une réduction par un facteur approchant 10 de l'harmonique 2 lorsque le montage approche une symétrie intégrale : dans ce cas précis, l'amplificateur ne comporte que des étages push-pull tous englobés dans le système de contre-réaction globale.

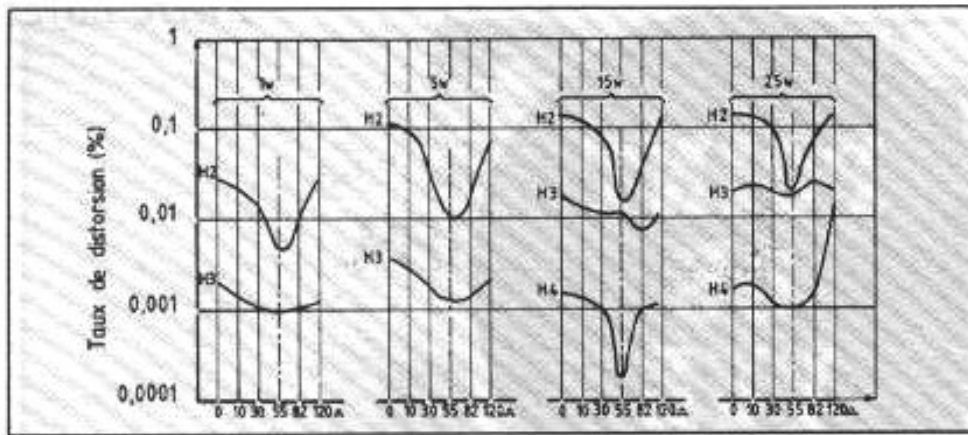


Fig 1 : Evolution de la distorsion par harmoniques à 1 kHz en fonction de la symétrie du montage d'un amplificateur à tubes de 30 W (réalisation de l'auteur)(le paramètre de réglage est une résistance dont la valeur est portée en abscisse).

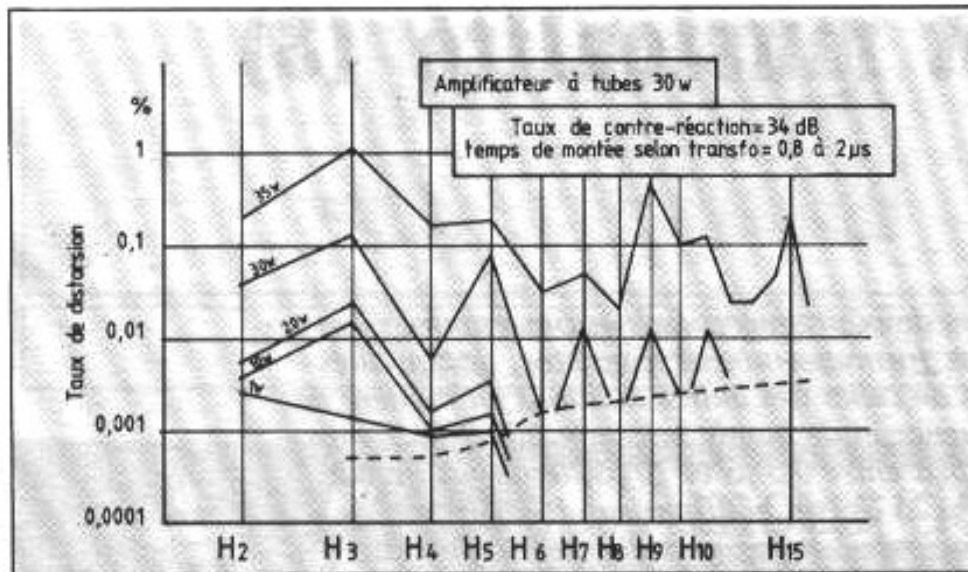


Fig 2a : Caractéristiques de distorsion par harmoniques à 1 kHz, montrant l'évolution des taux en fonction de la puissance (en tireté : distorsion du générateur).

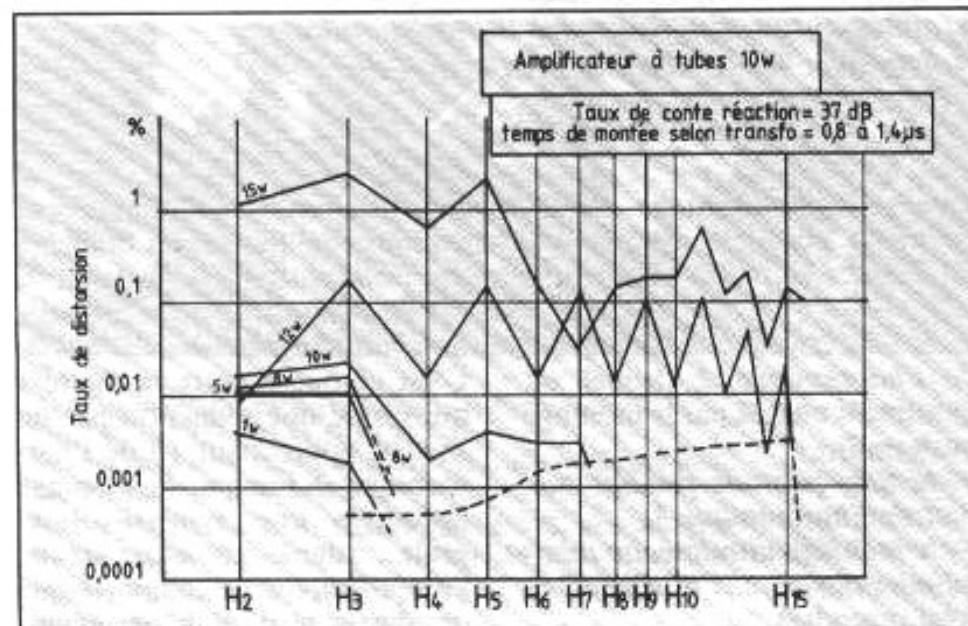


Fig 2b : Caractéristiques de distorsion peu harmoniques à 1 kHz montrant l'évolution des taux en fonction de la puissance.

Un tel équilibrage est très difficile à obtenir avec les transistors ou combinaisons de transistors : seules les réalisations très soignées, construites selon un cahier des charges rigoureux qui impose des contrôles de composants draconiens, peuvent y parvenir.

Mais l'évolution de l'équilibre, atteint seulement en régime thermique stabilisé, peut causer des surprises au mélomane : celle qui consiste à ne percevoir la réalité de cet équilibrage qu'après un temps d'échauffement pouvant atteindre la demi-heure.

En supposant ce point acquis, il faut s'interroger sur la présence de raies harmoniques de rang supérieur à 3 dont on sait l'importance sur l'agrément d'une restitution musicale.

Les figures 2a à 2d montrent quelques comportements qui éclairent sur les règles d'apparition de ces composantes indésirables.

S'agissant de 2 amplificateurs à tubes soumis à un fort taux de contre-réaction, on remarque (fig. 2a et 2b) :

1. l'importance relative de la raie d'ordre 3 aux niveaux excédant 5 watts,
2. un spectre limité au rang 5 jusqu'aux 2/3 de la puissance maximale, avec apparition brutale d'harmoniques impairs jusqu'aux rangs 13 ou 15 à l'approche de l'écrêtage,
3. une marge de sécurité plus grande avec la formule 30 Watts (push-pull EL34).

L'examen des résultats avec 2 formules à transistors montre (fig. 2c et 2d) :

1. une évolution en fonction de la puissance assez similaire en version 10 Watts, le régime de distorsion étant réglé par un taux de contre-réaction assez voisin. On note toutefois des taux de distorsion toujours supérieurs (de 2 à 3 fois),
2. un dégradé harmonique satisfaisant et pas d'harmoniques de



rang supérieur à 3 dans la version 30 W (fig. 2d).

Convaincus que la contre-réaction jouait un rôle primordial dans ces comportements, nous avons mesuré les caractéristiques de distorsion des versions 30 W et 10 W à tubes, avec et sans contre-réaction.

Les résultats obtenus en figure 8 confirment :

a) la raie d'ordre 3 ne se trouve pas réduite en proportion du taux de contre-réaction appliqué (voir notamment fig. 3b).

b) le dégradé du spectre harmonique ne se retrouve pas après application de la contre-réaction.

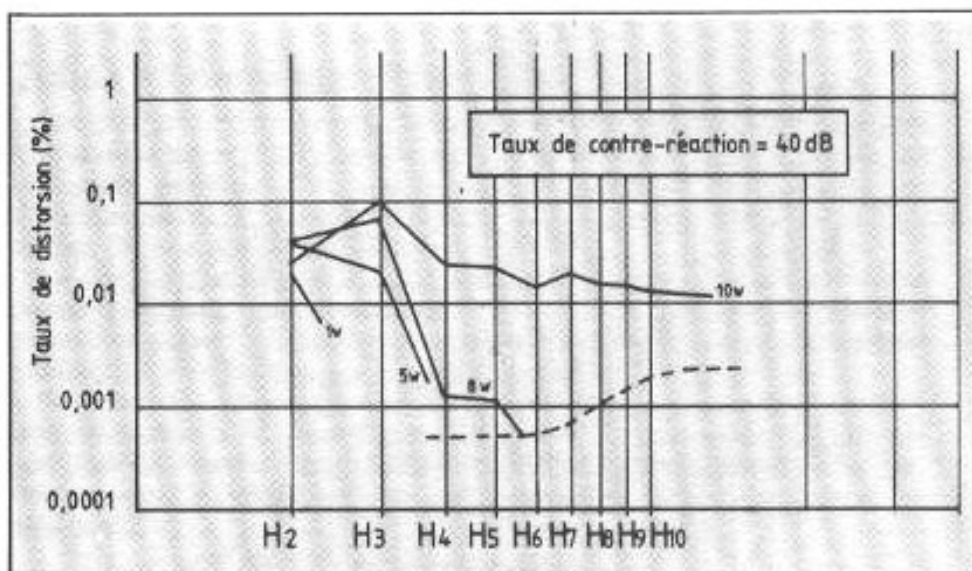


Fig 2c : Caractéristiques de distorsion par harmoniques à 1 kHz pour un amplificateur à transistors (version 10 watts 1965).

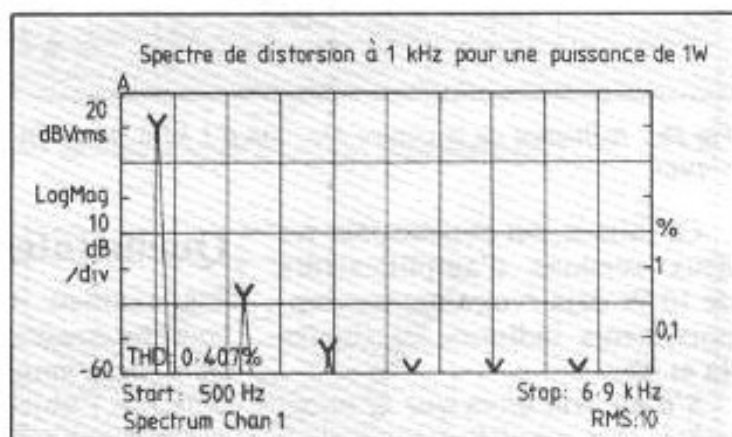
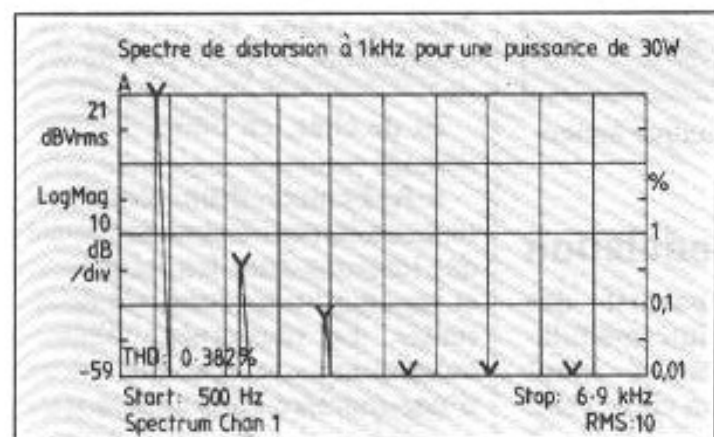


Fig. 2d : Caractéristiques de distorsion d'un amplificateur à transistors récent (source triangle).

Si ce n'était « l'ardente obligation » :

- d'élargir la bande passante,
  - d'améliorer l'amortissement des haut-parleurs,
  - de masquer la dispersion des caractéristiques des tubes,
- on serait tenté de dire que la formule la plus efficace, musicalement parlant, est la version sans contre-réaction, car elle diminue l'importance relative du rang 3 par rapport au rang 2.

La conclusion des travaux menés dans les années 50 sur la gêne apportée à l'audition par les composantes harmoniques incite du reste à raisonner sur les amplitudes relatives des raies de rangs 2 et 3, à condition d'affecter l'amplitude des raies d'un coefficient  $N^2/4$ , N étant le rang harmonique [1].

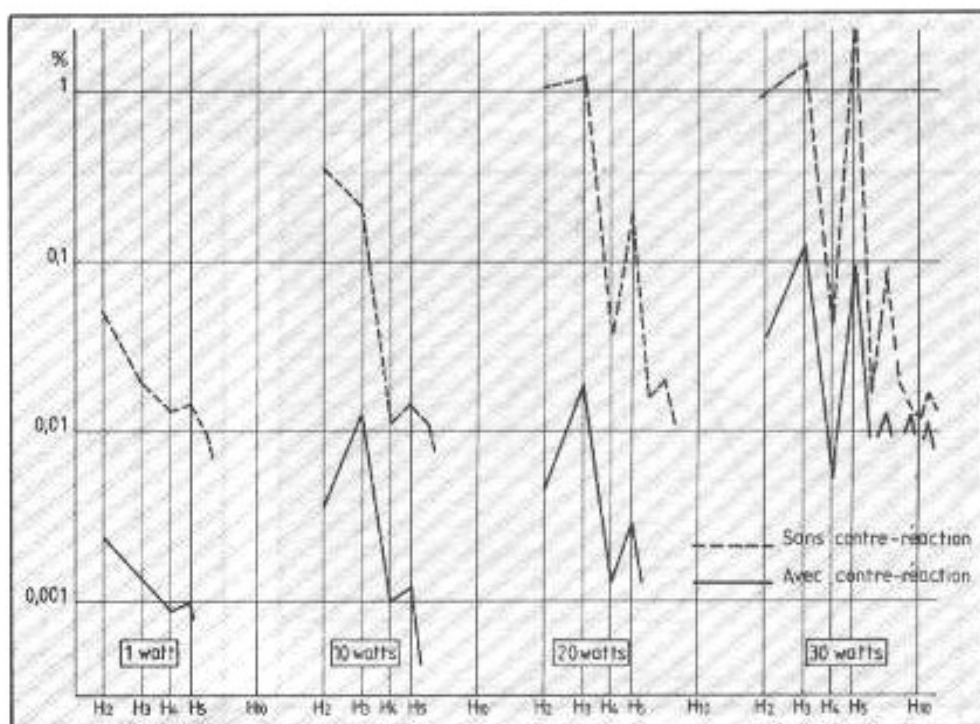


Fig 3a : Influence de la contre-réaction sur la caractéristique de distorsion à 1 kHz d'un amplificateur à tubes (version 30 W).

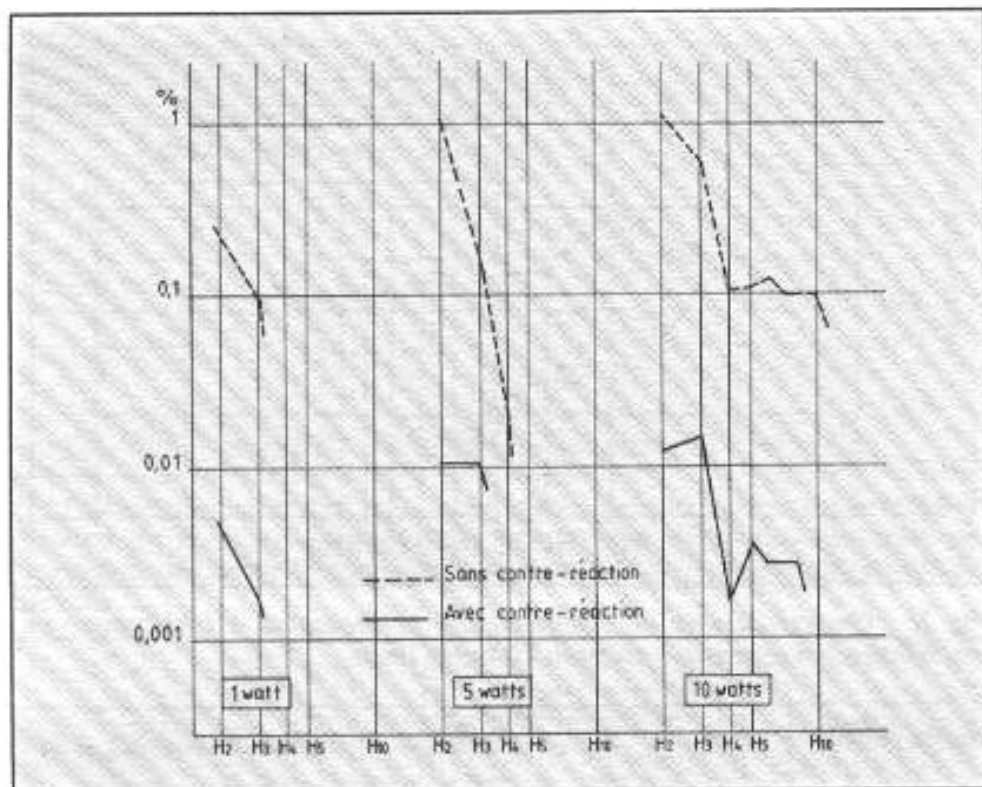


Fig 3b : Influence de la contre-réaction à 1 kHz sur la distorsion par harmoniques.

Ce faisant, on obtient pour les deux versions d'amplificateurs de 10 W déjà évoquées, les comportements indiqués en figures 4a et 4b.

S'il est vrai alors que la musicalité d'un amplificateur tient à la présence d'harmoniques paires et à la quasi absence d'harmoniques de rangs impairs, cette comparaison tubes-transistors pourrait bien expliquer les différences d'agrément à l'écoute.

## Quelle intermodulation

L'examen comparatif des comportements en intermodulation des amplificateurs ayant déjà fait l'objet d'un classement typologique (cf. fig. 2 dans la 2<sup>e</sup> partie) confirme l'intérêt de cette spéculation, car la figure 5 montre toujours deux familles distinctes :

— versions à tubes dont les taux d'intermodulation sont générale-

ment plus élevés, avec peu de dispersion,

— versions à transistors dont aucun échantillon ne dépasse ici la valeur de 0,2% mais avec une grande dispersion.

A noter que certains modèles à transistors approchent la perfection aux mesures avec moins de 0,005% à toutes puissances.

Une preuve supplémentaire du rôle critique joué par l'harmonique 2 en terme d'agrément sonore est fournie par les résultats d'une bataille d'amplificateurs, menée au sein de l'Afders (1) dans les années 50, laquelle avait abouti à la victoire nette du modèle Leak ; or, ce dernier s'était révélé défaillant aux mesures (faites en différé) par déséquilibre du push-pull de sortie.

Et de citer, en outre, L. chrétien (2) :

« A l'entrée d'un amplificateur, on introduit simultanément des tensions dont les fréquences et les amplitudes sont très différentes. Le phénomène d'intermodulation se produit donc d'une manière constante et c'est précisément ce qui permet d'expliquer que, de deux amplificateurs, c'est parfois celui dont le facteur de distorsion est le plus favorable qui donne incontestablement des résultats plus mauvais ».

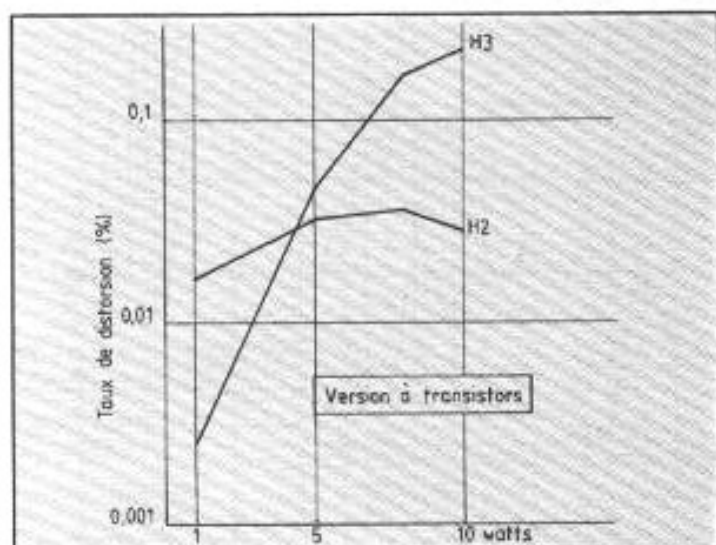


Fig 4a : Evolution des produits harmoniques d'ordres 2 et 3, pondéré (on peut s'attendre à une baisse de musicalité à niveau fort).

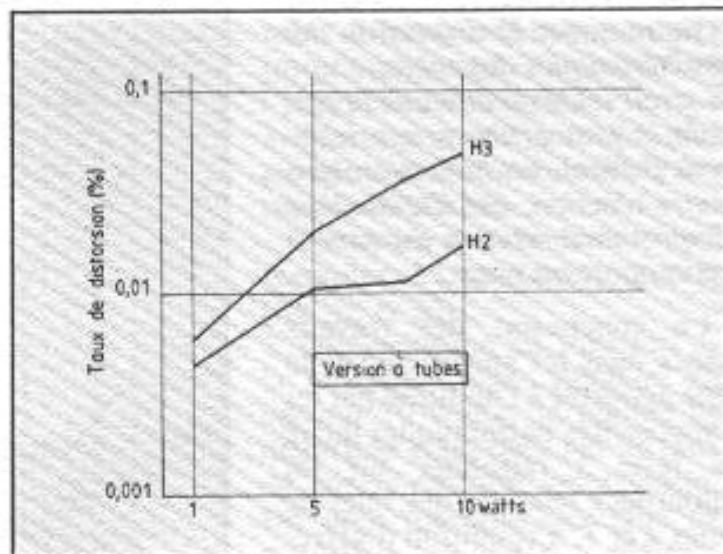


Fig 4b : Evolution des produits harmoniques d'ordres 2 et 3 pondéré.

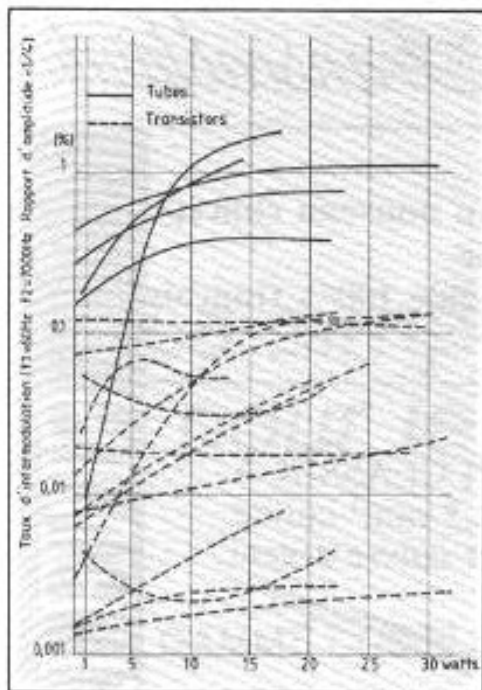


Fig. 5 : Evolution du taux d'intermodulation pour des amplificateurs de fabrication récente.

Cette assertion, énoncée voici 40 ans, a été parfaitement confirmée à l'occasion de tests visant à détecter le seuil de sensibilité à la distorsion transitoire, puisque des expérimentateurs ont pu noter, à plusieurs reprises, la préférence des sujets en expérimentation pour des sons légèrement affectés de distorsion [2].

Quoi de plus étonnant alors que l'apparition récente sur le marché, d'amplificateurs à taux d'harmonique 2 ajustable, dans des marques déjà réputées pour la musicalité de leur production.

1) Association Française pour le Développement de l'Enregistrement et de la reproduction Sonores.

2) Un des pères de l'amplification hi-fi dans les années 40, auteur d'un montage à tubes triodes AD1 exploitant rationnellement les avantages du procédé alors peu connu de la contre-réaction.

[1] L. Chatenay - Technologie Basse Fréquence - Collection ENST (1960).

[2] Psychoacoustic Detection Threshold of Transist Intermodulation Distorsion - M. Petri-Larmi, Ojala and J. Lamasiemi (J.A.E.S. ; 1980, March, vol. 28, n°3).

## Tubes en montage ultralinéaire

Les performances d'un tube en termes de linéarité sont liées à la forme de la caractéristique qui représente la fonction  $i_a = f(V_a)$ .  $i_a$  est l'intensité anodique,  $V_a$  est la tension anodique. La linéarité est d'autant meilleure que cette caractéristique s'apparente à une droite, toutes choses égales par ailleurs.

La tracé réel complet montre qu'en pratiquant une prise d'écran convenablement positionnée sur l'enroulement primaire du transformateur de sortie (voir schéma), on peut linéariser le comportement sur modulation musicale et sur charge complexe.

En effet, les courbes  $k=0$  (fonctionnement en pentode) et  $k=1$  (fonctionnement en triode) étant de concavités opposées, on conçoit que pour une valeur intermédiaire, la courbe est assimilable à une portion de droite au voisinage d'un point moyen de fonctionnement A (ci-dessous).

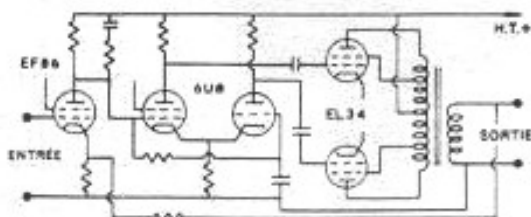
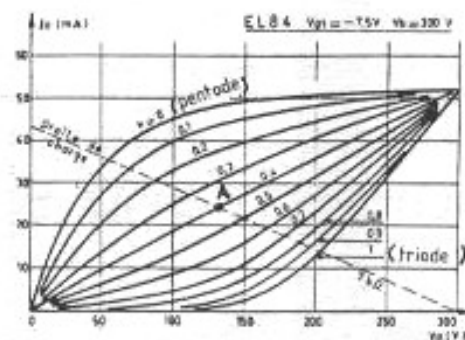
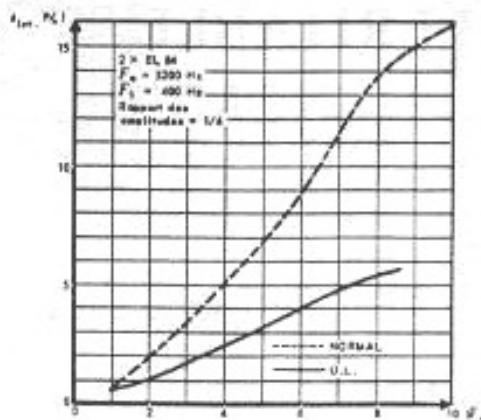


Schéma de base d'ampli (montage ultra-linéaire).



Pour une valeur de  $k$ , voisine de 0,4, on constate effectivement avec un montage en push-pull de tubes EL84 une réduction notable à la fois de l'harmonique 3 et de l'harmonique 2 et, par conséquent, de l'intermodulation, comme indiqué ci-après.



Distorsion par intermodulation pour différentes puissances de sortie (d'après Ph. Romain).



**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

# ...LA RENCONTRE

Willi Studer  
Edouard Pastor  
Gérard Chrétien

**E**n mars dernier, le trophée Joseph Léon — d'une figure légendaire de l'audio — a été décerné à Willi Studer. Nous avons eu le plaisir de le rencontrer dans ses bureaux de Regensdorf. Agé bientôt de 77 ans, chiffre mythique pour Revox, il vient de céder son entreprise à un groupe suisse. Une occasion unique pour retracer le parcours d'un homme exceptionnel...

*Edouard Pastor : Un philosophe français Foucault disait « L'identité d'un homme c'est son itinéraire. » C'est dans cet esprit que nous aimerions mieux vous connaître. Pour cela, j'aimerais savoir à quand remonte votre désir de créer réellement par vous-même ?...*

**Willi Studer :** A 19 ans déjà, j'avais le besoin de réaliser des choses tout seul, de manière indépendante. Ma première expérience d'indépendance a mal tourné... Il s'agissait d'un magasin de vente et de service après-vente de matériel de radio, une sorte de clinique radio...

Ensuite, avec un collègue, j'ai ouvert un petit atelier de production de radio. J'avais envie d'être créatif, de développer et de fabriquer. Ce fut un réel plaisir de créer ce que je souhaitais faire... Cependant, je réalisai assez rapidement que les intérêts de mon collègue n'étaient pas les mêmes que les miens, que nous

ne poursuivions pas le même but. En janvier 40, nous nous sommes séparés, la marque Sondina, en l'occurrence, a continué un certain temps en Suisse... J'entrai dans une nouvelle maison qui venait de se créer, pour développer des amplificateurs, des postes de radio et des appareils de mesure. Ce ne fut pas plus satisfaisant pour moi. Je réalisai alors que les gens qui apportaient le capital n'avaient pas les mêmes intérêts que celui qui a envie de développer. J'ai refondé alors une autre société avec un autre ami, la Metrom AG à Herisau. Nous fabriquions des appareils de mesure pour les stations de radio et également des matériels d'analyse pour la chimie, la détermination du pH... A l'époque, le père de mon collègue m'avait prêté de l'argent pour acquérir un tiers des actions de cette société. C'était pendant la guerre, en 42, il était extrêmement difficile

d'obtenir des tubes, des composants... Pendant deux ou trois ans, on n'a pas fait un seul bénéfice. Je ne pouvais pas rembourser mon emprunt et avec mon salaire je devais en payer les intérêts.

**E.P. :** C'était donc bien cette volonté de mener à bien les projets qui vous passionnaient ? Car je suppose que vous auriez pu très facilement trouver un emploi ?...

**W.S. :** Exactement. J'ai pris vraiment conscience que c'est celui qui détient le capital qui décide. Avec mon ami, nous avons réalisé que la société ne pouvait continuer. En dédommagement des travaux que j'avais entrepris pendant trois ans, on m'a laissé un oscilloscope haute tension dont l'originalité résidait dans le tube cathodique, lequel était moulé et ne requirait pas l'emploi d'une pompe à vide, comme cela était encore le cas à l'époque. Il y





*Willi Studer à l'époque où il démarrait son entreprise, en 1948.*

*Willi Studer en 73 pour les 25 ans de Studer-Revox.*



*En 68, en compagnie des techniciens dans un bureau d'étude. Willi Studer a toujours été très proche de son équipe. Il a su, par son charisme et sa volonté délibérée, motiver ses collaborateurs dans le challenge technologique qui a été celui de Studer-Revox durant 42 ans. Il s'est également toujours intéressé de très près à l'outil de production pour lequel les investissements n'ont jamais été comptés.*



*Fin mars 90, Willi Studer avec Georges Martin qui a fait les enregistrements des Beatles, devant le D 820 48 pistes. Anecdote amusante : « En 63-64, alors qu'ils étaient en séance d'enregistrement, ils ont eu des pannes avec leur machine A... qu'ils ont jetée par la fenêtre du troisième étage sur la rue. Ils nous ont téléphoné pour avoir un J 37, version 4 canaux du C 37. Nous avons loué un avion. Trente-six heures plus tard la machine était installée chez eux... »*

avait à Bâle une maison, Hae-fely, qui distribuait ces oscilloscopes. On a prévenu cette maison que je quittai la Metrom AG et que j'étais prêt à continuer de produire ces appareils, mais que je n'avais pas les moyens financiers. On m'a alors proposé de monter une entreprise en commun, eux apportant l'argent et moi développant. J'ai dit « non », car je me serais retrouvé dans la même situation que lors de mes essais préalables. Nous nous sommes finalement mis d'accord : ils me commandaient six oscilloscopes à 10 000 francs suisses chacun, ce qui représentait une somme très importante pour l'époque et m'avançait 50 % du montant. Ce fut le départ de ma propre maison. J'avais 36 ans, c'était en janvier 48.

**E.P. :** *Vous aviez délibérément la démarche du créateur. Nietzsche disait : « Le créateur (l'artiste), c'est l'homme que les fées ont doté, dès son berceau, du mécontentement de tout ce qui est. » Est-ce que, malgré ces débuts difficiles, vous sentiez que la réussite était à votre portée ou ne le saviez-vous pas ?*

**W.S. :** J'ai alors ressenti le besoin de continuer. J'étais alors indépendant. J'avais touché l'argent des six oscilloscopes. Mais c'était trop limité, j'avais envie d'arriver à une dimension d'entreprise qui permette de produire intelligemment. Parallèlement, je souhaitais travailler pour le son. J'avais envie d'un outil de production digne de ce nom.

**E.P. :** *Willi Studer, au cours des diverses étapes de votre aventure, vous est-il arrivé de prendre le temps pour des réflexions personnelles sans rapport avec votre activité professionnelle ?...*

**W.S. :** Non, jamais véritablement... Vous savez, vous êtes pris dans une sorte d'engrenage, vous créez les produits, la demande du marché suit. On n'avait jamais suffisamment de

marchandises à livrer. Il fallait toujours faire plus...

**E.P. :** *Alors comment peut-on conjuguer sa vie personnelle et sa vie active lorsqu'une telle activité est en perpétuelle ébullition ?...*

**W.S. :** En réalité, il y a eu très peu de place pour ma vie personnelle. Les besoins de l'entreprise m'ont beaucoup absorbé et je m'y suis complètement investi. Je n'ai pas véritablement de hobby, de violon d'Ingres. J'habite en appartement... Je dois dire que je suis content que ma famille ait accepté ce choix.

**E.P. :** *Auriez-vous, dans votre vie d'homme, en dehors de l'entreprise, un regret ?...*

**W.S. :** Aucun. Principalement depuis 60, lors de la création de la première usine de Regendorf. J'ai pu vraiment consacrer librement tout mon temps à lancer de beaux produits qui puissent se vendre... Ce fut pour moi très satisfaisant... Je suis reconnaissant à la vie.

**E.P. :** *Etes-vous conscient qu'il existe une sorte de filiation freudienne entre vous et votre personnel... Ne croyez-vous pas qu'il y aura des états d'âme après votre départ, chez les hommes de l'entreprise et aussi peut-être chez vous ?*

**W.S. :** C'est vrai que beaucoup de mes collaborateurs auraient souhaité que cela continue encore de nombreuses années dans le même style. Mais je vais bientôt avoir 77 ans et je sais que mes capacités physiques et psychiques arrivent à leurs limites. Ceci n'est pas à l'avantage de l'entreprise.

Je commence à ressentir plus précisément ces préoccupations, ces craintes de la part de mon entourage, depuis début avril, date de la prise en main effective du nouveau propriétaire. Je vais occuper ce bureau jusqu'à fin mai.

Je fais construire actuellement un bureau dans les premiers locaux. Je continuerai à avoir un rôle de conseil, je suis toujours

très occupé, j'ai aussi une idée de musée. Vous savez, il y a déjà quelques années que je me préparais à cette idée. Je n'ai peut-être pas eu suffisamment de temps car l'entreprise m'occupait toujours beaucoup... Sur le plan positif, mes collaborateurs m'apprécient en tant que chef d'entreprise et aussi en tant qu'être humain. Je ne suis plus le chef mais sur le plan humain, il y a d'excellentes relations. C'était mon désir de remettre l'entreprise dans les conditions auxquelles on a abouti.

**E.P. :** *Pensez-vous revenir vous promener dans l'entreprise de temps en temps, ou est-ce que vous vous l'interdirez ?*

**W.S. :** Je reviendrai certainement puisque j'assurerai un rôle de conseil dans l'un ou l'autre des bâtiments pour des discussions. Je ne veux pas non plus m'enfermer dans mes nouveaux bureaux. Tout cela est lié à la philosophie qui a été la mienne depuis toujours : essayer d'atteindre le meilleur possible, bien qu'il y ait toujours eu des difficultés, d'ailleurs inévitables, qui sont apparues en chemin...

La vie m'a ainsi programmé. Je suis un peu « asiatique », si je puis me permettre cette expression, sans faire de mauvais esprit, dans le sens où je menai à bien ce que je pouvais réaliser et où j'oubliai ce que je ne pouvais pas...

**E.P. :** *Cela semble contradictoire avec la démarche qui a été la vôtre à vos débuts, avec une certaine notion d'autonomie et de pouvoir ?...*

**W.S. :** Il n'a jamais été question de puissance. Il s'agissait de faire les meilleurs produits possibles, de travailler en profondeur pour tout avoir sous mon contrôle.

**E.P. :** *Je comprends bien, mais quand on a le pouvoir, quand quelque chose ne va pas, on peut dire « non, on va faire comme ça »... Comment pensez-vous vivre ce type de situation maintenant ? Il s'agit de votre marque,*



de votre « enfant »...

**W.S.** : Quand, jusqu'à maintenant, quelque chose n'allait pas, on mettait tout en œuvre pour tenter de résoudre le problème. Si l'on arrivait pas à le solutionner, on retrouvait ma philosophie, disons « asiatique » : à l'impossible, nul n'est tenu.

**Gérard Chrétien** : *Les pionniers qui ont fait l'audio d'aujourd'hui étaient tous des techniciens. Je pense à MM. Morita, Matsushita, vous-même... Leurs successeurs auront des préoccupations plus attachées au management et aux finances... Ne pensez-vous pas que cela soit la source d'une cassure dans la politique de développement des grandes entreprises impliquées dans l'audio ?*

**W.S.** : La direction de l'entreprise est composée de quatre collaborateurs dont trois sont, depuis plus de 20 ans, dans l'entreprise. Il est sûr que ce comité de direction ne se comportera pas comme moi. Comme je l'ai déjà dit : je préfère décider... aimablement, plutôt que discuter. On m'acceptait tel que j'étais, c'est vrai et ça ne peut plus continuer comme ça. La structure de l'entreprise va subir certaines modifications, ce qui est normal, mais le but — l'orientation — devrait rester le même.

**E.P.** : *Est-ce possible ?...*

**W.S.** : Nous avons défini très clairement, dans une sorte de cahier des charges, l'éthique qui devrait être respectée. Je tiens à préciser que, parmi les trois collaborateurs dont je parlais, deux sont des techniciens et sont issus du secteur développement, le quatrième qui est dans l'entreprise depuis 5 ans vient d'une société ayant une philosophie similaire.

Nous nous sommes entendus avec le groupe repreneur, la Motor Columbus, pour qu'il n'y ait pas de changements fondamentaux. Certains points dans le contrat ont porté, de plus, sur le

fait que l'entreprise ne peut être vendue dans sa totalité, voire partiellement. Les deux dirigeants de la Motor Columbus m'ont inspiré la plus grande confiance dès le départ...

**G.C.** : *Dans l'épopée technologique que vous avez vécue, quelles ont été les étapes marquantes, celles qui ont apporté une avance importante au plan de la qualité de restitution ?*

**W.S.** : Je ne vois pas réellement d'étapes marquantes. Il s'agit plutôt d'une évolution par petits pas soutenue par une volonté de progresser. Il est sûr que du côté du public, les nouveautés sont perçues différemment. Il est certain qu'au plan mécanique, des progrès ont pu être réalisés grâce à des investissements dans des machines d'une précision incroyable. On n'a d'ailleurs jamais économisé sur ce plan-là.

**E.P.** : *Votre réussite repose surtout sur une maîtrise plus grande d'un savoir-faire...*

**W.S.** : Je suis un développeur, pas un inventeur !

**G.C.** : *Il est vrai que, depuis la seconde guerre, il n'y a pas eu de réelles inventions, les technologies ont seulement permis la mise en application d'inventions qui dataient des années 20-30...*

**W.S.** : L'un de mes premiers brevets, qui m'a d'ailleurs pas mal rapporté... était une méthode pour maintenir constante la tension de la bande indépendamment du diamètre des bobines réceptrices et débitrices. C'est une amélioration, pas une invention fondamentale. Le dernier brevet remonte à trois ou quatre ans. Il repose sur les têtes magnétiques, en particulier sur un matériau plus performant et plus résistant à l'usure. Son développement a coûté plus d'un million de francs suisses et repose sur un métal amorphe dont les caractéristiques mécaniques se rapprochent de celles du verre. L'épaisseur des feuilles, des plaquettes constitutives de la tête est de 20 microns.

**E.P.** : *Il me semble que vous avez toujours eu plus de passion pour la mécanique que pour l'électronique. Est-ce que je me trompe ?*

**W.S.** : Je suis toujours enthousiasmé par les deux domaines. Mais voyez-vous, copier de l'électronique, c'est très simple. Sortir un axe de cabestan d'une précision de 0,2 micron, cela nécessite une expérience, un savoir-faire et des machines-outils qui ne sont pas à la portée de quelqu'un qui copie. C'est peut-être pour cela que l'on m'attribue cette spécificité d'homme de mécanique, Mais dans la réalité, c'est la globalité des problèmes qui m'intéresse.

**E.P.** : *Vous est-il quelquefois arrivé de vous « casser le nez » sur un problème... que vous avez peut-être contourné... mais pas réellement résolu ?*

**W.S.** : Il y a toujours différentes voies que l'on peut prendre mais qui ne mènent pas au but. L'important est de découvrir très tôt que l'on fait fausse route et de chercher d'autres alternatives qui, elles, permettent d'arriver au but. Il y a quelques semaines, un journaliste d'une revue technique me disait : « On a l'impression que vous n'avez jamais fait de fautes... » Je lui ai répondu : « Si on n'avait pas fait de fautes, on n'aurait pas vécu cinq ans », car c'est par les erreurs que l'on apprend.

**G.C.** : *Je crois savoir que vous avez toujours réinvesti les bénéfices dans votre société, en particulier en recherches et développement...*

**W.S.** : Vous connaissez la structure de l'entreprise. La Willi Studer AG, les usines de production allemande, les sociétés de distribution, Revox Ela AG. Aucune de ces entreprises n'a jamais versé un seul dividende. L'argent est resté dans l'entreprise et ne coûtait pas d'intérêts. Par contre, dire que c'est uniquement dans la recherche qu'il était investi ne serait pas exact ; il a



profité aussi aux investissements dans le matériel de production.

**G.C. :** *J'ai lu que vous annonciez qu'en l'an 2000 l'essentiel de votre chiffre d'affaires sera réalisé avec des produits qui n'ont pas encore vu le jour dans vos laboratoires. Quelles sont, à votre sens, les grandes orientations qui vont faire ces produits de demain ?*

**W.S. :** Prévoir ce qui se passera dans dix ans est aujourd'hui impossible. 70 % des produits qui seront vendus en l'an 2000 sont en phase de début de développement. Pour moi, la technique analogique ne sera pas complètement révolue... Au plan professionnel de la radiodiffusion, les gens sont très conservateurs. A titre d'exemple, en 61 sortait le C 37 ; il y a encore beaucoup de ces machines en service. Nous disposons d'ailleurs des pièces de rechange pour la maintenance. C'est la même chose pour Revox, des produits que l'on a sortis en 51-52 peuvent encore être révisés. On dispose pratiquement de la totalité des pièces nécessaires.

**G.C. :** *Au niveau des lecteurs CD, vous avez toujours travaillé en étroite collaboration avec Philips. Comment expliquez-vous que les performances subjectives — je pense en particulier au Studer A 730 que j'aime beaucoup — soient très différentes de celles des produits proposés par Philips, alors que les bases sont identiques ?*

**W.S. :** On a toujours cherché à amener nos produits à la limite du possible. Philips opte pour d'autres orientations. Philips ne serait d'ailleurs pas aussi grand s'il avait choisi la même voie que nous... Philips produit des composants aussi bons que nécessaire à un prix aussi bas que possible. Il cherche à atteindre les limites de ce qui est nécessaire en fonction des impératifs du marché et des coûts. Nous, nous cherchons à atteindre les limites de ce qui est possible. Sur le plan

de la haute-fidélité, les exigences sont de plus en plus grandes...

**G.C. :** *Vous qui êtes très attaché à la qualité des pièces mécaniques, ce qui a largement participé à l'image de Studer-Revox, pensez-vous que la mécanique du système de lecture des CD ait une part très importante dans la qualité globale d'un lecteur CD ?*

**W.S. :** Nous utilisons le châssis Philips comme vous le savez. Au départ, on pensait que la mécanique avait peu d'importance en numérique puisqu'on pensait pouvoir rattraper les erreurs. Et puis, sur les grosses machines d'enregistrement numérique à bande par exemple, on a réalisé que la mécanique jouait un rôle au moins aussi important qu'en analogique.

Pour les lecteurs CD, les vibrations jouent un grand rôle et les lecteurs actuels ont fait de gros progrès dans cette direction.

**G.C. :** *Si le standard CD devait être aujourd'hui fixé, pensez-vous qu'il serait très différent de celui qui a été fixé en 79 ?*

**W.C. :** Je ne pense pas. Pour ma part, j'estime que la norme CD est une réussite.

**G.C. :** *Il semble que votre passion a toujours été orientée sur le magnétophone et l'enregistrement sonore. Le DAT n'est-il pas la voie royale des années 90 dans ce domaine ?*

**W.S. :** Il y a certainement deux tendances : le R-DAT du Japon à tête tournante et le S-DAT à tête fixe de Philips. Ce dernier arrive... Ce sont deux approches différentes. Pour l'utilisation en reportage, le DAT peut paraître avantageux pour remplacer les machines analogiques lourdes. Toutefois, en retour de reportage, un appareil de Kudelsky (Nagra) est beaucoup plus rapide pour réaliser le montage. Alors qu'avec le R-DAT, c'est une autre affaire... Je sais, pour avoir discuté avec des gens qui travaillent sur le terrain, qu'il leur arrive de faire des enregistrements en numérique... puis

lorsqu'ils rentrent, il recopient sur une machine analogique et font ensuite le montage !...

Autre point : on ne sait pas ce que donnera la bande magnétique numérique dans dix ou quinze ans. En analogique, j'ai ici, dans une armoire, des bandes que j'ai enregistrées en août 51 au festival symphonique de Lucerne, des bandes acétate qui sont en parfait état de conservation. On en a fait trois CD l'année dernière.

**G.C. :** *Vous laissez entendre que l'analogique serait supérieur au numérique au plan de l'archivage, de la tenue dans le temps ?...*

**W.S. :** Le problème est lié au nombre d'informations que vous stockez sur le support, à sa densité. Avec le R-DAT, l'information est extrêmement condensée et ce n'est pas en augmentant cette densité d'informations que l'on accroît les chances de les conserver longtemps.

**G.C. :** *Comment envisagez-vous l'évolution des supports de musique enregistrée à moyen, voire à long terme ?*

**W.S. :** Il faut toujours différencier domaine professionnel et domaine amateur. Cependant, du point de vue qualitatif, il est certain que le numérique a des avantages, qu'il s'agisse de la dynamique, du niveau de bruit. La qualité musicale dépend, elle, des convertisseurs... Toutefois aujourd'hui, je ne crois toujours pas à la réussite du R-DAT sur le plan domestique. Sur le plan professionnel, dans certaines applications, oui peut-être...

**G.C. :** *Si l'on imagine à plus long terme, pensez-vous qu'il soit délirant d'envisager d'ici une vingtaine d'années de stocker une heure de musique dans des mémoires mortes, compte tenu des progrès de l'intégration en matière de semi-conducteurs ?*

**W.S. :** Sur des circuits intégrés à des motifs gravés à 0,5 micron, on peut même envisager 0,2 micron, il faudrait des surfa-

ces de circuit aussi importantes que celles d'un CD. Je ne vois pas tellement l'intérêt, alors que c'est si simple avec le CD. De plus, d'ici trois ou quatre ans, le coût du CD sera encore moindre, du moins par rapport au coût de la vie. A mon sens, le CD a une longue durée de vie. Le disque analogique est sorti en 47, il a tenu jusqu'à aujourd'hui. Le CD n'a guère que 4-5 ans. De plus, il est difficile d'imaginer actuellement une amélioration significative de la qualité.

**E.P. :** *Quelle belle aventure que la vôtre, M. Studer !*

**W.S. :** Je suis sur le point de terminer ma période active et je me retourne vers le passé. Si je me re-situe dans la période entre mes débuts et la date à laquelle j'ai créé ma société en 48, je ne pourrais rien imaginer de mieux que de refaire ce que j'ai fait...

**G.C. :** *Vous allez vous monter un laboratoire personnel. Sur quoi allez-vous travailler ?*

**W.S. :** Ce ne sera pas en rapport direct avec le son. J'ai certaines idées sur les moteurs à courant continu à commande électronique...

### Studer-Revox, raccourci historique

- |   |  |
|---|--|
| 1948 Début, fabrication oscilloscope haute-tension.   | 73 Acquisition Hermès-Precisa (usinage précision, traitement de surface).<br>Revox A700 et Studer A67 (compact de studio).                           |
| 49 Adaptation magnétophones américains. Envie de faire mieux : Dynavox (500 ex. en 50).   | 75 Commande et synchro numérique TLS200.<br>Amplis Revox A740 et Studer A68.   |
| 51 Revox : grand public.<br>Studer : pro, premier modèle Studer 27.<br>Ela.AG : commercialisation.  | 76 Console Studer A69 pour mobiles.  |
| 53 Nvx ateliers. Revox T26 (produit à 2 500 ex.)  | 77 Revox B77 et PR99 remplacent le A77 vendu à plus de 400 000 pièces.<br>Ampli B750, tuner B760, platine bras tangentiel B790.                      |
| 54 Début de la série 36 équipée déjà de 3 moteurs (2 500/an).   | 78 Willi Studer Dct <i>Honoris Causa</i> école Polytechnique fédérale.   |
| 55 Studer A37 et B37. Revox préamp. 59.   | 80 Multipistes A800 commandés par micro. Ampli tuner B780.<br>Revox Ela.AG France.   |
| 59 Pupitres de mélange Studer.<br>Revox B36 deux têtes (monitoring).  | 81 Casette B710 Revox et A710 Studer.  |
| 57 Studer B30 cde à impulsion.  | 83 Concept télécommande ampli B251 tuner B261.<br>Appareils numériques Studer SFC16 et DAD16. Lecteurs CD Revox B225 et Studer A725.                 |
| 58 Pupitre Studer 59 agréé radio suisse.<br>Début construction nvx locaux Regensdorf qui seront terminés en 60.                           | 85 Chaîne télécommandable ampli-tuner B285 + enceintes actives Agora B + lecteur CD B215.  |
| 60 Version stéréo 36 Revox.<br>Version multipistes Studer C37.  | 86 Système synchro SMPTE + EBU Studer SC4008/4016.<br>Magnéto Studer A812 et A807.<br>Ampli Revox B242 et table de lecture B291 + nvilles enceintes. |
| 62 Plafond effectifs fixé par autorités fédérales entraînera qq années plus tard extension en Allemagne à Loffingen.                      | 87 Ampli Revox B242. Version active système triphonique Piccolo.<br>Magnéto CD270. Lecteur CD A730 Studer.   |
| 63 Schaeffer et Riesser en France Revox SA.   | 88 Ampli-tuner B250.   |
| 67 Revox A77 à transistors, entraînement du cabestan pour moteur alternatif servo-régulé. 7 000 unités de la série 36 auront été vendues. | 89 Revox série 200S.<br>Studer A820 et A827 analogiques, 48 pistes DASH.   |
| 68 Nvile usine Regensdorf pour matériel pro. Labo de langue A88.<br>Tuner A76 stéréo.   |  |
| 69 Succursale à Mollis.   |  |
| 70 Studer A80 (jusqu'à 16 pistes).  |  |
| 72 Nvile succursale en Allemagne à Bonndorf (moteurs, C.I.).<br>Studer France.  |  |

**Page non  
disponible**



**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**



**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

# C la Création musicale

## CLASSIQUE

### II Y A CENT ANS... CESAR FRANCK 1822-1890

« Une lumière a resplendi  
au pays de l'ombre... »  
(Isaïe, 9-2)

**L**

e 8 novembre 1890

*disparaissait César Franck, des suites d'un accident de voiture.  
La musique française perdait, après Berlioz, l'un de ses rares génies romantiques.  
Mais elle allait, longtemps encore, suivre la voie qu'il avait tracée,  
grâce à ses innombrables élèves, directs ou indirects,  
qui se réclamèrent de son esthétique et de son enseignement  
jusqu'au milieu du vingtième siècle...*

César Franck naît à Liège le 10 décembre 1822, d'un père hollandais et d'une mère allemande. Très tôt, il manifeste des dons exceptionnels pour la musique. Son père, strict et autoritaire, l'inscrit au conservatoire de Liège où il entreprend ses études pianistiques. Bien vite, il est en mesure de se produire en public avec son frère aîné, Joseph, qui est violoniste et organiste. Plusieurs concerts en Belgique et à Aix-la-Chapelle per-

mettent d'évaluer l'étendue de son talent. La formation qu'il reçoit à Liège, où Bach et Beethoven sont particulièrement vénérés, augure des futurs caractères de sa musique, davantage germanique que latine.

Son père l'envoie à Paris en 1835. Il n'a que treize ans. Au conservatoire, il poursuit ses études de piano mais aborde l'orgue et travaille l'écriture et la composition avec Reicha. Très vite, il raffole toutes les

récompenses. C'est d'abord un éblouissant prix de piano en 1838 puis, deux ans plus tard, un premier prix de contrepoint et de fugue. C'est en 1841 qu'il concourt pour le prix d'orgue qui comptait alors quatre épreuves : interprétation, accompagnement d'un thème en plainchant, improvisation d'une pièce libre de forme sonate, et improvisation d'une fugue. Franck dévoile l'originalité de son génie. Il entre-



prend de combiner les deux thèmes qui lui sont proposés en les traitant simultanément dans une improvisation de proportions inhabituelles. Mal lui en prend ! Le jury, désappointé, ne lui décerne que le second prix (c'est la France de 1841 !...). Il envisage le concours de Rome mais son père l'en dissuade et le ramène en Belgique, à la maison... Il pourrait alors embrasser la carrière de virtuose et suivre l'exemple de Liszt. Les moyens, il les possède. Mais il souhaite autre chose... C'est ce que laissent entrevoir ses trois premiers trios, composés à Liège en 1843 où la rigueur de l'écriture et l'équilibre de la forme se font déjà sentir. A vingt-deux ans, Franck décide de revenir à Paris et de s'y installer. Il s'établit dans la capitale, comme modeste professeur de piano. Il est nommé organiste à St Jean-St François, puis se marie en 1846 avec une de ses élèves dont le caractère autoritaire ne sera pas sans rappeler celui de son père... Il s'essaie à l'Oratorio avec « Ruth » qui ne sera représenté qu'en 1871... Puis à l'Opéra avec « Le valet de ferme ». Le succès n'est pas au rendez-vous et le jeune couple connaît des moments difficiles. En 1853, il est engagé à Sainte Clotilde comme maître de chapelle puis, six ans plus tard, devient le titulaire du grand instrument construit par le célèbre facteur Aristide Cavaillé-Coll.

C'est le début de la notoriété. Dès lors, la vie de Franck se juxtapose à celle de son œuvre. Il compose dès 1859 les « Trois Antiennes pour grand orgue » puis, surtout, en 1860, les « Six Pièces pour grand orgue » qui comptent parmi ses premiers chefs-d'œuvre tout en se démarquant de la vulgarité prosaïque des œuvres d'orgue d'alors. On y rencontre en effet la première Symphonie pour orgue. Non avouée, elle s'intitule modestement « Grande Pièce symphonique ». Les savoureux « Prélude, Fugue et Variation », la « Pastorale », la « Prière » font également partie de ce recueil qui, au-delà des dons d'écriture de leur auteur, manifestent la profondeur de son inspiration et son charme poétique. Les « Six Pièces » seront publiées en 1862. Dès lors, on constate que Franck ne suit guère l'esthétique française. Il se tourne davantage vers le contrepoint de Bach, vers la grande variation



beethovenienne. Schumann et Liszt comptent aussi parmi ses modèles.

Puis un long silence, ou presque, d'une dizaine d'années, qu'il ne rompra qu'après la guerre, celle de 1870... Il porte encore la nationalité belge lorsqu'il est nommé, en 1872, professeur d'orgue au conservatoire de Paris. De méchantes langues voient en lui un fils de Prussien... Qu'importe ! Une nouvelle vie commence. Franck devient un personnage respecté ; il est célèbre et son enseignement dépasse le cadre de sa classe d'orgue. En effet, à ses nombreux élèves, d'orgue mais aussi de piano, il inculque ses grands principes d'écriture et de composition. Plusieurs de ses anciens élèves de piano, tels que Duparc et d'Indy, suivent ses cours de composition, souvent impromptus. C'est dans ce creuset que se forme peu à peu toute sa descendance, dont bien des membres manifesteront, à l'égard du maître, une admiration inconditionnelle. Il est vrai que le talent de l'artiste se doublait d'une générosité peu commune. A sa tribune, il conti-

nue à bouleverser son auditoire par la splendeur de ses improvisations. « Liszt était sorti émerveillé de Sainte-Clotilde, évoquant le nom de J.S. Bach... », notait Vincent d'Indy en 1866.

Deux projets d'Oratorio retiennent l'attention de Franck durant les années soixante-dix. C'est d'abord « Rédemption », exécuté, très médiocrement dit-on, en 1873. L'œuvre suscite l'admiration de ses élèves mais la réprobation des critiques. Pourtant, l'inspiration est élevée et l'architecture imposante. Sans doute blessé par son échec, Franck semble à nouveau se taire... Il n'en est rien. En fait, il travaille à une partition gigantesque sur le Sermon de Jésus sur la montagne. Ce sera « les Béatitudes » sur lesquelles il travaillera douze années, de 1867 à 1879. L'œuvre ne sera exécutée qu'après la mort de Franck, en 1891. Il s'agit de l'une de ses partitions majeures et, sans conteste, l'une des plus grandes pages religieuses du XIX<sup>e</sup> siècle. En dépit de sa longueur et de quelques concessions au goût



de l'époque, l'œuvre est d'une émouvante sincérité et d'une incomparable intensité spirituelle. Les huit parties de l'Oratorio sont dominées par le chant envoûtant du Christ, qui clôt chaque béatitude. Chef-d'œuvre inégal pourtant, qui souffre surtout d'un manque d'unité stylistique et d'un livret banal dû à Mme Colomb. Entretiens, Franck donne son premier grand Poème symphonique, « les Eolides » (1876) et trois grandes pièces d'orgue, la « Fantaisie en la », le « Cantabile » et la « Pièce héroïque » (1878).

Durant les dix dernières années de sa vie, sans cesser d'être un organiste de génie, Franck va se tourner peu à peu vers le Poème symphonique et la musique de chambre. On croirait presque que sa muse se sécularise... Son style s'affermi. Une ardeur insoupçonnée jusqu'alors se fait soudainement sentir. Plus rien ne va subsister de l'image un peu niaise et complaisante du « Pater seraphicus ». Les ultimes chefs-d'œuvre se préparent... Un événement « humain » explique ce bouleversement. Une passion violente, soudaine, ébranle l'illustre organiste. Il brûle pour une jeune femme, musi-

cienne, poète, qui l'émancipe de la tutelle ombrageuse de Mme Franck. De cette « révélation » naît le Quintette pour piano et cordes, créé en 1880 avec, au piano, Camille Saint-Saëns. L'œuvre est d'une somptuosité quasiment symphonique. La rupture est nette avec l'esprit mystique des « Béatitudes ». Mme Franck — s'en étonnera-t-on ? — honnit le Quintette, comme elle fera, sept ans plus tard, de « Psyché ».

L'année suivante, en 1881, Franck semble s'amender en donnant « Rebecca », Oratorio biblique dans la tradition de « Ruth ». Désormais, ce style n'est plus celui du maître qui va s'attacher maintenant à faire valoir ses « forces nouvelles ». Mme Franck continue à surveiller avec autorité et irritation la production de son mari. Fort heureusement, Franck s'entoure de l'amitié et des conseils de ses élèves. Trop, peut-être... Ce qui fera dire à Charles Bordes, l'un de ses disciples, « le père Franck a été formé par ses élèves »... Duparc et d'Indy lui soumettent le sujet germanique du « Chasseur maudit »... Le Poème symphonique qui en découle est créé avec succès en 1882. Deux ans plus

tard, la musique française peut s'enorgueillir de sa première grande œuvre pianistique, qui semble synthétiser la virtuosité de Liszt et la rigueur de Mendelssohn. Le « Prélude, Choral et Fugue » résume en un merveilleux triptyque toute la science du clavier de son auteur, même si l'écriture organistique est constamment sous-jacente. C'est également en 1884 que sont donnés « Les Djinns », poème pour orchestre et piano d'après Victor Hugo. Le piano n'y est pas traité en soliste. Déjà se profilent la « Symphonie cévenole » de d'Indy et même « les Nuits » de M. de Falla... C'est dans ce même esprit symphonique que Franck écrit les splendides « Variations symphoniques » où l'élément narratif a cédé la place à l'abstraction. En fait, l'une des plus hautes inspirations des dix dernières années.

Ce sont encore ses élèves qui vont le pousser à concevoir ses derniers chefs-d'œuvre. La Sonate pour violon et piano, achevée en 1886, porte à son plus haut point de perfection le principe de l'écriture cyclique, où un élément thématique circule dans l'ensemble des mouvements. L'inspiration mélodique de Franck est à son zénith.

Son écriture est d'une absolue perfection, comme le montre l'éblouissant final, bâti presque intégralement en canon. Enfin « Psyché », le dernier Poème symphonique, pour orchestre et chœurs, achevé en 1888. Un monument que la revêche Mme Franck refuse d'entendre ! C'est en 1888 que Franck fait à ses élèves le somptueux cadeau de sa « Symphonie en ré mineur », faite de passion et de tendresse. L'écriture, souvent ostentatoire, est d'une grande complexité. Conçue en trois mouvements, son andante mêle habilement la douce mélancolie d'une méditation à la verve d'un scherzo. Elle a recours à l'écriture cyclique et regorge d'astuces orchestrales. Certains lui en font grief, contestant la transposition, à l'orchestre, des registrations d'orgue. Cela dit, la « Symphonie en ré mineur » occupe une place capitale dans l'histoire de la musique française, ne serait-ce que par la quantité d'ouvrages qu'elle allait engendrer, de d'Indy à Magnard, de Chausson à Roussel ou Debussy. C'est l'avant-dernière année de sa vie que Franck se résoud à écrire, toujours sous la



pression de ses élèves, son unique Quatuor à cordes. Du point de vue formel, cette œuvre est sans doute la plus parfaite qu'il ait écrite. Comme dans la Symphonie, fougue et charme s'équilibrent avec une stupéfiante maîtrise. Franck a assimilé les messages de Wagner et de Beethoven. Il se place dans leur sillage tout en faisant montre d'une indéniable personnalité.

1890, l'orgue enfin, comme un dernier regard sur l'éternité... Les trois Chorals ou, si l'on veut, le chant du cygne du vieux maître. Il s'agit de trois grandes séries de variations où le thème générateur, en forme de choral, se dégage peu à peu, par delà les entrelacs du contrepoint et les péripéties du développement. Franck, dans ses chorals, songeait à ceux de Bach, « mais sur un autre plan ». Les trois ouvrages s'équilibrent et se complètent. La musique est sublime. L'homme d'église et l'homme de chair s'y retrouvent dans une poésie à la fois sereine et tourmentée. Ils furent achevés le 20 septembre 1890... Franck n'eut pas le temps de noter dans le détail toutes les registrations. Sa muse allait se taire pour toujours quelques semaines plus tard, le 8 novembre.

## La « manière » franckiste

Il ne saurait être question d'analyser scrupuleusement tous les paramètres de la muse franckiste. Cela relèverait de l'analyse formelle et harmonique. Bornons-nous à relever quelques constantes qui, de ses premiers Trios aux trois Chorals, jalonnent l'ensemble de son œuvre.

### • La variation

D'origine germanique, Franck a toujours honoré la variation. Plus exactement la « grande » variation issue de l'œuvre de Beethoven. Cette tendance a pour origine la constante recherche de l'unité structurale. La pratique de la variation aboutit tout naturellement à l'écriture cyclique.

### • Le thème cyclique

Toujours la recherche de l'unité. Un thème — ou parfois une cellule — resurgit dans tous les mouvements d'une œuvre. Il peut en être l'élément générateur comme dans le Quintette en fa mineur. La « Grande Pièce symphonique », la Sympho-

x Chaque croix désigne une note engendrant un changement de tonalité ou modulation

nie, la Sonate pour violon et piano, le Quatuor, usent de thèmes cycliques.

### • Les architectures tripartites

Sans doute une marque de respect à l'égard de la Trinité... Franck affectionne particulièrement les formes ternaires : Prélude, Fugue et Variation, Prélude, Choral et Fugue, Prélude, Aria et Final, Symphonie, trois Trios, trois Chorals, etc. Quant aux « Variations symphoniques », elles cachent habilement une structure ternaire d'où l'on dégage aisément prélude, variations et final...

### • La maîtrise contrapuntique

A l'instar de Bach, Franck manie avec génie le contrepoint, c'est-à-dire l'art difficile de superposer des mélodies dissemblables. Chez Franck, la dualité des thèmes aboutit toujours à une synthèse. Si, parfois, cette recherche est laborieuse ou quelque peu affectée, elle devient évidente et naturelle dans les derniers chefs-d'œuvre. Dans cet ordre d'idées, il faut également souligner l'emploi fréquent de l'écriture canonique (finaux de la Sonate et de la Symphonie) qui est, en fait, l'exaltation du contrepoint linéaire.

### • La richesse harmonique

Ses adversaires disaient de lui qu'il

était une « machine à moduler ». Cela veut dire, pour le profane, qu'il ne cessait de changer de tonalités, souvent à l'intérieur d'une même phrase. C'est ce constant renouvellement des couleurs tonales qui constitue toute l'originalité et la personnalité du langage harmonique de Franck.

Pour illustrer ce propos, nous donnons ici un fragment du Premier Choral en mi majeur :

### • L'inspiration mélodique

La phrase de Franck est souvent ample, généreuse, faite de plusieurs sauts successifs. Souvent passionnée, elle dégage toujours un sentiment de noblesse, voire de religiosité... Ce qui n'exclut nullement la passion !

### • La noblesse de Franck

S'il fait quelques concessions au goût de l'époque — mais quelle époque ! — il le fait toujours avec tact et parcimonie. Il n'abuse pas des effets faciles. Ses dernières œuvres sont vierges de toute concession au « style » Napoléon III... Son mérite est immense, car ses contemporains français semblaient dans une platitude déconcertante. Il est vrai que, Berlioz et Franck exceptés, la France ne peut être fière de son romantisme musical...



**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**



**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**



**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**



# La CAO en électroacoustique

« Les mesures, suite »  
« Les calculs par éléments finis »  
« L'analyse nodale »



*Les moyens d'investigation pour l'élaboration d'une enceinte acoustique de haute qualité sont de plus en plus nombreux. Nous abordons dans le présent article, de nouvelles voies dans la conception assistée par ordinateur.*

## Mesures par l'informatique - Suite

### Réponse hors de l'axe

Figures 1 et 2.

Une des propriétés des mesures réalisées par ordinateur est de pouvoir effectuer des représentations peu communes. La mesure de la courbe amplitude-fréquence hors de l'axe réalisée par un ordinateur autorise une représentation en trois dimensions très intéressante.

Dans le Journal de l'AES, nous retrouvons une des premières mesures hors de l'axe réalisée par des moyens pilotés par informatique. Il s'agit d'une étude concernant les différentes classes de propagation obtenues par différents types de transducteurs. Dans ce cas, MM. Isami, Momoto, Makoto, Iwahara et Hideo Onoye de la Victor Company, utilisent un microphone de mesure qui est placé sur un chariot et peut être déplacé en X et en Y.

Une fréquence fixe est injectée aux transducteurs de manière répétitive, ceci sur 3 000 points différents espacés d'un intervalle de temps de 10  $\mu$ s. Dès lors, il est possible d'obtenir une cartographie des ondes de front émises. Cette étude date déjà de 1975 (fig. 1).

Plus récente (1981), une autre manipulation nous est proposée par MM. G. Bank et G.T. Hataway de chez Celestion. Cette fois, la mesure n'est plus réalisée à partir d'une fréquence fixe,

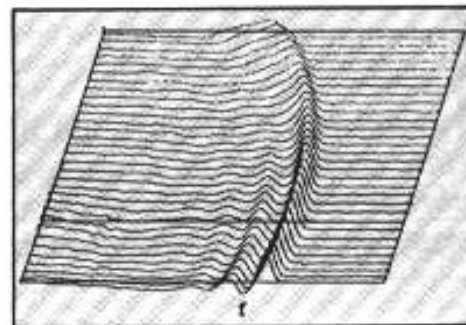
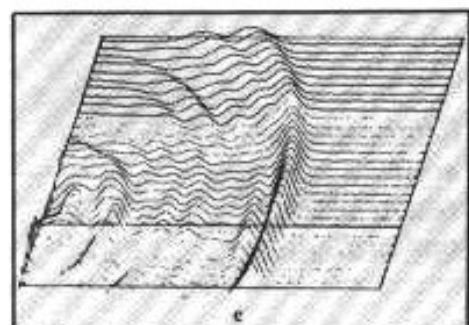
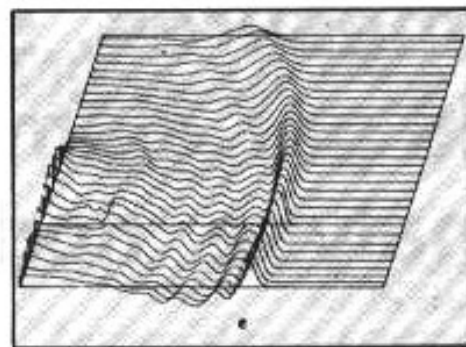
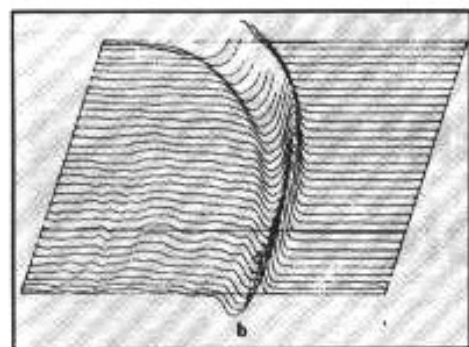
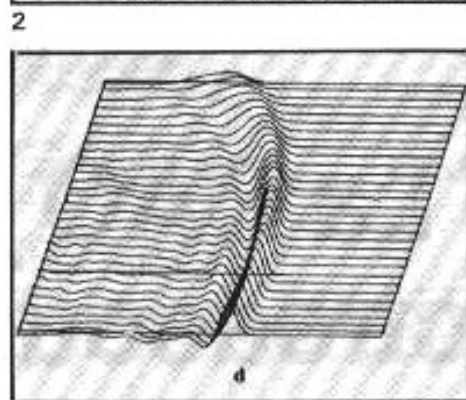
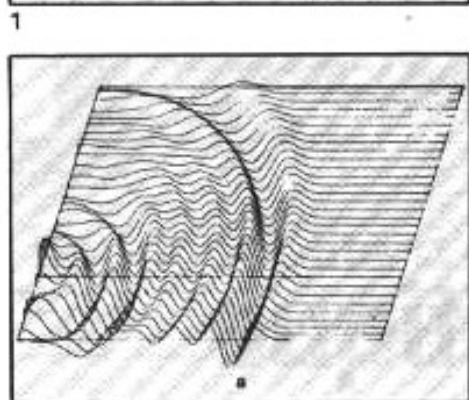
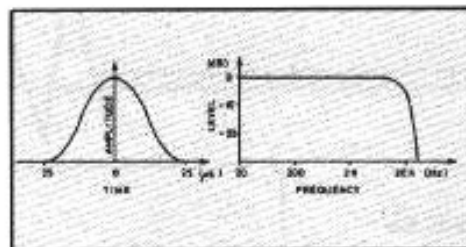
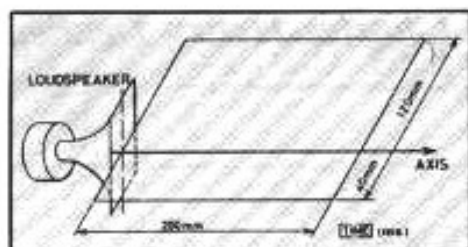


Fig. 1 : Propagation acoustique de différents transducteurs. 1. Surface sur laquelle sont effectuées les mesures. 2. Type de signal source et fonction amplitude-fréquence. 3. a) Tweeter à pavillon ; b) Tweeter à ruban avec pavillon ; c) Haut-parleur à membrane cônica ; d) Haut-parleur de type « Air Motion » ; e) Haut-parleur à dôme rigide ; f) Haut-parleur à dôme souple.

mais sur un spectre large de 20 Hz à 20 000 Hz. La représentation est également affichée de manière graphique grâce à un ordinateur. Cette mesure très originale nous donne une représentation en trois dimensions de la directivité d'une enceinte

acoustique. Cette mesure, est beaucoup plus simple à réaliser que la précédente. Il suffit de placer l'enceinte acoustique ou le transducteur sur une table tournante, de mesurer la courbe amplitude-fréquence à chaque angle et de numériser les don-

nées. L'ordinateur n'intervient que pour permettre une représentation sur trois axes.

## La courbe énergie-temps

Figure 3.

Comme son nom l'indique, la courbe énergie-temps propose une représentation de l'énergie émise par un transducteur. En général, cette mesure est faite à partir de programmes de traitement du signal. Elle est réalisée en spectre large. Avec un ordinateur rapide (16 ou 32 bits), il sera possible d'augmenter l'analyse de la mesure. Cette

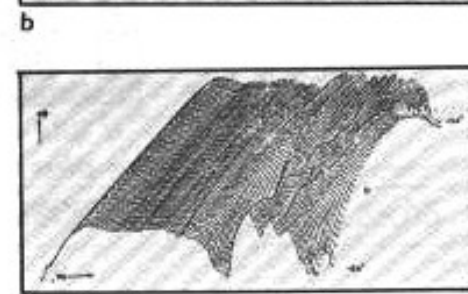
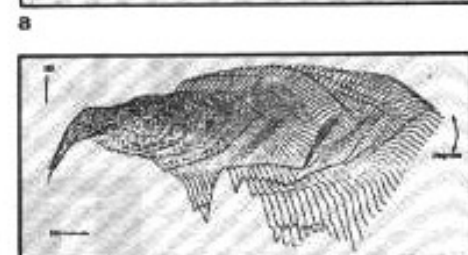
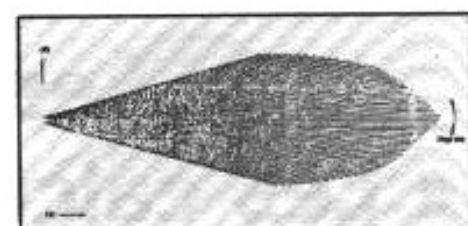


Fig. 2 : Représentation en trois dimensions de la directivité d'un haut-parleur. a) Signal émis. b) Représentation polaire de  $\pm 64^\circ$  de la directivité horizontale du haut-parleur. c) Représentation isométrique de  $\pm 64^\circ$  de la directivité du haut-parleur.

fois-ci, la manipulation ne sera plus réalisée en bande large mais par bande étroite. Il est désormais possible d'obtenir une courbe énergie-temps par fréquence. MM. Janse et Kaizer, du laboratoire de recherches de Philips à Eindhoven, utilisent la dis-

tribution de Wigner à l'analyse des haut-parleurs afin d'obtenir une réponse énergie-temps-fréquence. La distribution de Wigner de la réponse en impulsion d'un haut-parleur peut fournir des informations très intéressantes concernant le comportement en régime transitoire d'un haut-parleur.

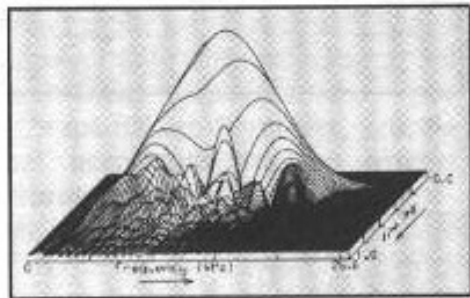


Fig. 3 : Représentation énergie-temps-fréquence d'un tweeter à dôme.

## Calculs par la méthode des éléments finis

Ces calculs peuvent servir à d'innombrables applications. Les plus connues sont les calculs de contraintes en automobile ou dans le bâtiment. En électro-acoustique, cette méthode peut être utilisée pour des nombreuses investigations.

Les plus simples concernent l'étude du comportement vibratoire des cônes des haut-parleurs ou des parois dans les enceintes acoustiques. Dans ce dernier cas, elles peuvent aider à réaliser des caisses hyper-rigides.

### Déformation des membranes de haut-parleur

Figure 4.

Dans le Journal de l'AES (mai 85), MM. Shepherd et Alfredson décrivent une méthode d'analyse des vibrations des membranes de haut-parleurs électrodynamiques à l'aide de la méthode de calcul par éléments finis. Grâce à ce système, il est possible de prédire quel va être le comportement d'un cône à diffé-

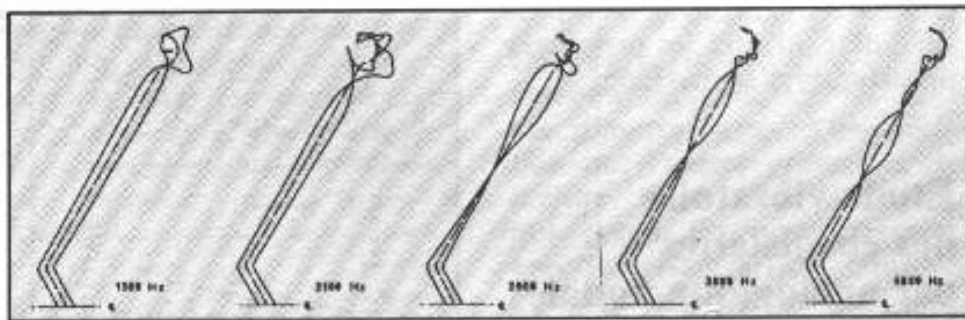


Fig. 4 : Représentation du comportement vibratoire de la coupe d'une membrane de haut-parleur à l'aide de calculs par éléments finis. Noter les modes de vibration en fonction de la fréquence.

rentes fréquences. Cette analyse permet de mieux comprendre la forme de la courbe amplitude-fréquence qui traduira le comportement vibratoire mécanique de la membrane. Dès lors, il sera plus facile de choisir des formes, des matériaux, des amortissements ultérieurs par plastification.

### Prédiction de l'intensité sonore

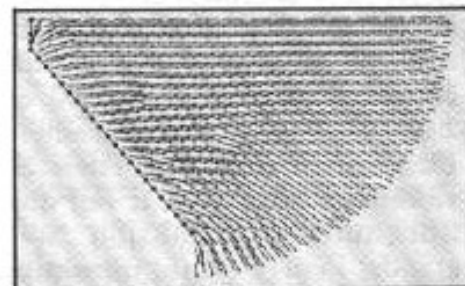
Figure 5.

MM. Kaizer et Leekwester, du laboratoire Philips proposent, dans le Journal de l'AES de juillet 88, une méthode qui permet de connaître l'intensité acoustique qui règne dans l'environnement proche d'une membrane de haut-parleur. Grâce aux calculs utilisant la méthode des éléments finis, ils indiquent quels sont les vecteurs d'intensité d'un cône à différentes fréquences.

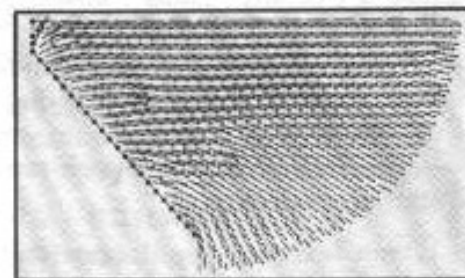
### Emission acoustique d'un pavillon

Figure 6.

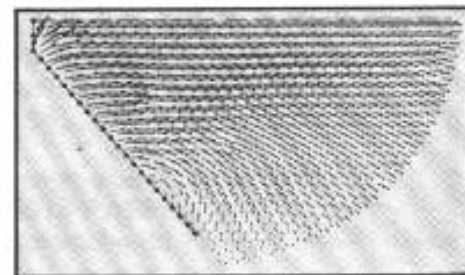
Toujours grâce aux calculs par éléments finis, MM. Yamabuchi et Kagawa de l'Université de Toyama au Japon, décrivent une méthode de calcul de la propagation sonore d'un pavillon. Les caractéristiques acoustiques du pavillon sont calculées à partir de l'élasticité de la membrane et de la cavité acoustique formée par le pavillon. La radiation acoustique dans un élément semi-fini est traitée de manière analytique en termes de vélocité.



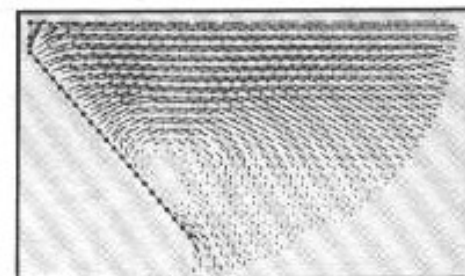
Fréquence 66 Hz



Fréquence 1 644 Hz



Fréquence 2 105 Hz



Fréquence 2 565 Hz

Fig. 5 : Analyse des vecteurs d'intensité d'un signal sonore émis par un cône de haut-parleur. Simulation réalisée à partir de calculs sur éléments finis par ordinateur. Noter le déplacement des vecteurs d'intensité en fonction de la fréquence.



Grâce à cette méthode, il est possible de connaître les propriétés acoustiques d'un pavillon.

## Etude vibratoire des ébénisteries par analogie nodale

Figure 7

L'étude vibratoire des ébénisteries pour enceintes acoustiques est capitale. En effet, les rayonnements parasites émis par un coffret d'enceinte entre 200 et 2 000 Hz sont considérables. Bien que l'élongation de ces vibrations soit faible, le fait que leur surface d'émission soit grande, l'énergie ainsi transmise provoque une distorsion évidente à l'écoute. Dans l'absolu, une ébénisterie doit être :

- rigide afin d'être une bonne charge pour les transducteurs qui l'équipent ;
- amortie afin de ne pas colorer l'émission acoustique.

Dans la pratique, il convient de ne pas être trop catégorique. En voulant faire une caisse hyper-rigide à l'aide de matériaux possédant un module de

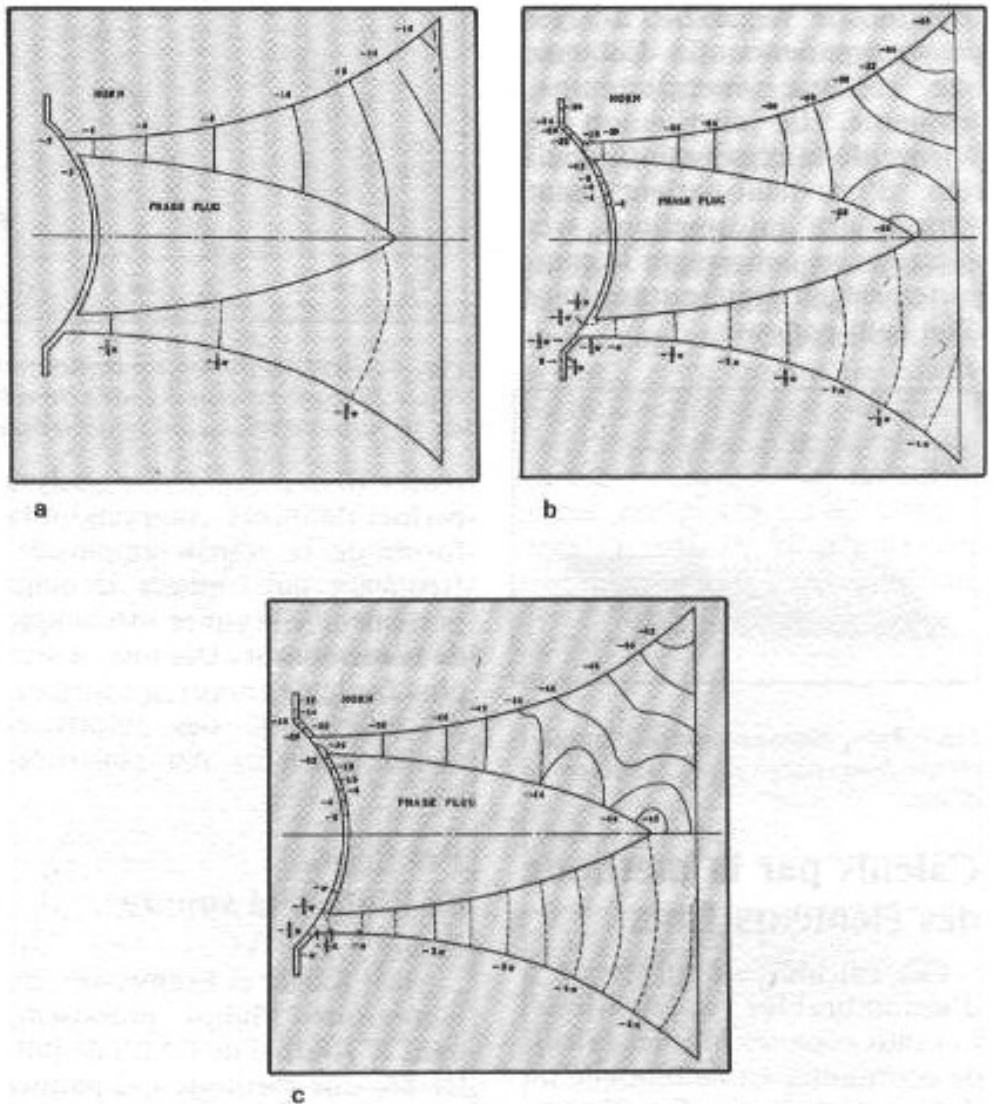


Fig. 6 : Analyse de la propagation sonore d'un haut-parleur à pavillon (vue en coupe). Simulation effectuée par calculs sur ordinateur à partir de la méthode dite des « éléments finis ». Noter la distribution de la pression sonore à chaque fréquence. (En gras, le résultat des calculs ; en pointillés, la réponse supposée avant calculs) : a) 3,2 kHz ; b) 12,8 kHz ; c) 20 kHz.

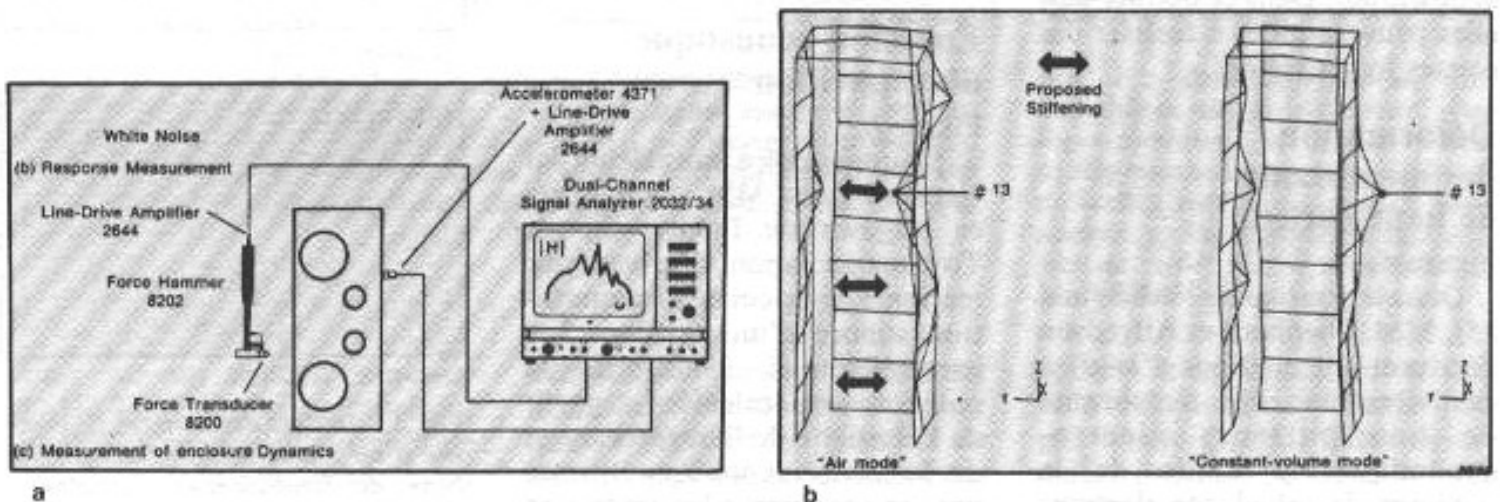


Fig. 7 : Analyse nodale des vibrations d'un coffret d'enceinte acoustique : a) le système de mesure ; b) les résultats obtenus après traitement sur ordinateur. L'ordinateur est interfacé à l'analyseur de spectre. Les données sont traitées en différé.

Young très important, le résultat peut être catastrophique. En effet, le seul résultat aura été de déplacer et d'augmenter le coefficient de surtension mécanique du coffret dans la bande de fréquences la plus sensible pour l'oreille humaine.

L'analyse nodale peut être un précieux outil de travail pour réaliser des coffrets mieux adaptés. Le but est d'exciter l'ébénisterie à l'aide d'un marteau ayant une force constante (ex. : pot vibrant BK) et de relever, grâce à un accéléromètre, le niveau vibratoire. Cette mesure est répétée de nombreuses fois sur l'ensemble du coffret. Chaque

mesure est numérisée puis traitée par un ordinateur. Lorsque le résultat final est connu, il ne reste plus qu'à placer des renforts mécaniques sur les ventres de vibration (doc. Brüel & Kjær).

## Conclusion

Le sujet concernant l'utilisation d'un ordinateur pour l'étude et la mise au point d'un haut-parleur, d'une enceinte acoustique est très vaste. Il n'est guère possible en quelques pages de décrire toutes les applications possibles. De par le fait qu'il utilise un ordinateur, l'ingénieur

pourra aller encore plus loin. Dès lors, le seul moteur est l'imagination des concepteurs à trouver d'autres sujets d'investigation ou d'autres protocoles de mesure. Cette série d'articles, qui prend fin provisoirement avec le présent article, pourrait nous amener à traiter très prochainement d'un autre sujet : la quantification des écoutes critiques des enceintes acoustiques. En fait, les énormes progrès apportés par les moyens modernes de mesure et de recherche permettent-ils aujourd'hui de trouver une corrélation entre la subjectivité de l'écoute et les paramètres physiques mesurés ?