

N° 5 NOVEMBRE DÉCEMBRE 1989

# L'AUDIOPHILE

HAUTE FIDÉLITÉ PLUS!

**42 auditoriums**  
Panorama Guide



**(QUID)**

*...des salons  
d'avril 1989*

Coup d'œil en arrière

• **Les cellules Ortophase**

Presse étrangère

• **CD : la rumeur du vert...**

**MUSIQUE**  
les meilleurs CD

**ACOUSTIQUE:**

*Les critères  
de l'écoute*

**QUOI DE NEUF ?**

*Fiabilité et entretien  
des CD*

**THEORIE:**

*Amplification :  
un nouveau concept*

**LES MUSES D'OR**



**au casque  
Sony MRD-R10**

**POINT  
DE VUE**

Salle  
d'écoute :  
faut-il  
égaliser ?



M 2568 - 5 - 65,00 F

3 925 6905 5009 00050

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

*Quoi de neuf?*

*Jean Hiraga*

# FIABILITE ET ENTRETIEN DES DISQUES CD.



*Le compact-disc est présent sur le marché depuis un peu plus de 7 ans.*

*Il est donc maintenant possible de se faire une idée quant à sa fiabilité, à sa durée de vie.*

*On a dû se poser la même question lors de la commercialisation des disques microsillons : comportement vis-à-vis des rayures, poussières, électricité statique, voile, exposition au soleil, humidité, etc.*

*Sur ces différents points, il ne fait aucun doute que le compact-disc s'est très bien comporté.*

Les premiers disques compacts ont été réalisés avec un soin extrême. Il ne faut pas s'en cacher. En effet, les lecteurs de première génération ne supportaient pas toujours très bien un petit défaut de pressage ou bien des disques rayés. Les bords des disques ont été tout d'abord arrondis ou munis de chanfreins, ceci conformément aux normes (fig. 1), ce qui n'est pas toujours le cas des disques commercialisés actuellement. C'est aux environs de 1985 que de nouvelles usines de fabrication de disques CD furent créées un peu partout dans le monde. On a assisté, parallèlement à cette expansion du marché du compact-disc, à une baisse progressive du prix de celui-ci, qui est passé de 180 F environ à 100 F en moyenne et même à 39,50 F pour certaines séries économiques. Comme on aurait pu s'en douter, cette augmentation rapide de la production par un nombre croissant d'usines s'est également traduit par une baisse de qualité sur certaines séries, sans d'ailleurs que le prix ait forcément un rapport avec celle-ci. Le même genre de problème a pu se constater sur les disques noirs. Par rapport aux normes, le diamètre du trou central et le faux rond radial ont souvent excédé largement les limites imposées, l'excentrage étant visible à l'œil nu dans la plupart des cas (oscillation lente du bras de lecture sur le plan latéral). Sur le compact-disc, la lecture des informations codées nécessite d'être beaucoup plus strict vis-à-vis du respect de certaines normes. La plus légère erreur de centrage suffit pour rendre la lecture impossible. Pour le trou central, la norme Compact-Disc impose un diamètre de 15 mm avec une tolérance négative nulle et une tolérance positive de 0,1 mm seulement (soit 15 mm +0,1 mm -0). Aucune bavure n'est permise du côté lecture au niveau du trou

central ou du bord du disque. Le voile ne doit pas dépasser 0,4 mm. Le faux rond des pistes, par rapport au trou central ne doit pas dépasser 140  $\mu\text{m}$ , ce qui paraît peu mais représente malgré tout la largeur de près de 80 sillons (les spires sont espacées de 1,6  $\mu\text{m}$ ). N'oublions pas que, selon les normes, la lecture doit s'effectuer sous une température ambiante comprise entre 15 et 35° C et sous un taux d'humidité relative de 45 à 75 %.

En dehors de ces normes, seules des expériences de laboratoire sont à même d'apporter des informations plus précises concernant la fiabilité, la tenue dans le temps sous des conditions climatiques ou mécaniques particulières. Des disques trempés dans l'eau pendant plusieurs mois n'ont révélé aucun problème de vieillissement. Par contre, ce n'est pas le cas pour des disques présentant des rayures sur les deux faces. En effet, il peut se produire une pénétration de l'humidité soit par la tranche, soit par l'intermédiaire des rayures, du côté label. Rappelons à ce

propos que la face lecture du disque est une partie sensible aux rayures, aux taches et aux marques. Il s'agit pourtant de la partie qui protège le mieux les informations gravées, l'épaisseur du support en polycarbonate étant de 1,2 mm. Le côté label (ou dessus) du disque est par contre beaucoup plus fragile. On compte en moyenne de 10 à 30  $\mu\text{m}$  seulement pour le vernis de protection sous lequel se trouve la couche métallisée (0,05 à 0,1  $\mu\text{m}$  d'épaisseur) couvrant la surface embossée. La couche sérigraphiée existe en différentes couleurs mais elle ne peut, malgré ses 5  $\mu\text{m}$  d'épaisseur moyenne être considérée comme une protection. Il fut même une époque pendant laquelle cette encre fit de véritables ravages, au point que les éditeurs de disques eurent bien du mal à étouffer l'affaire. Divers types d'encres sont utilisés en sérigraphie. Certaines d'entre elles ont été utilisées avec une quantité plus importante de solvant, ce qui permettait de réduire le temps de séchage. On avait seulement oublié le fait que ces solvants étaient assez puissants pour traverser le vernis de protection et pour attaquer la métallisation. Un exemple est illustré sur les figures 2A et 2B. Il ne doit certainement pas s'agir du seul exemplaire ni de la seule référence présentant ce genre de problème qui n'a pu être résolu immédiatement par les éditeurs : la réaction chimique de l'encre sur la couche métallisée s'étend parfois sur plusieurs mois. Les figures 2A et 2B représentent le même disque, photographié du côté label (photo 2A) et du côté lecture (2B). Ce disque porte la référence CA 98545 (Bill Evans, Quintessence, pressage 1982, Fantasy/Carrère Distribution, pressage français MPO). Comme le fait remarquer la photo 2A, la presque totalité du côté label est sérigraphiée en « noir et blanc » (en négatif). Sur ce disque, un mauvais

dosage de l'encre et des solvants est responsable du défaut que l'on voit sur le revers du disque, du côté lecture. Sur la photo 2B, on s'aperçoit en effet que les solvants ont traversé complètement le vernis de protection et blanchi la métallisation, ceci au point de rendre l'étiquette parfaitement visible du côté lecture. Il est bien évident que ce genre de défaut ne se reproduit pratiquement plus.

On met par contre en évidence la fragilité du disque du côté étiquette. C'est pourquoi il est fortement conseillé de préserver cette face des rayures et de ne jamais y coller de ruban adhésif. Y fixer des adhésifs, des couronnes sans avoir vérifié préalablement leur sécurité d'emploi sur ce point peut conduire aux mêmes risques : le disque est soit rejeté systématiquement par le lecteur CD, soit présente de gros défauts de lecture (grésillements permanents). Ces feuilles ou couronnes adhésives, conçues pour amortir les vibrations du disque (elles peuvent effectivement atteindre plusieurs microns d'amplitude) ont parfois un très fort pouvoir adhérent. En retirant la feuille adhésive, on risque de décoller en même temps le vernis et la métallisation. Il faut en effet savoir que le pouvoir d'adhérence de la métallisation sur le substrat en polycarbonate n'est pas très fort, ceci d'autant plus que la surface pressée est extrêmement lisse.

Un disque CD bien entretenu doit conserver une fiabilité parfaite au cours des dix premières années, nettement plus s'il est conservé dans des conditions idéales de température et d'hygrométrie de l'air. Une longue exposition au soleil peut produire divers effets néfastes tels que voile du disque, blanchissement du substrat ou altération de la couche réfléchissante. La fiabilité d'un disque CD est, de ce point de vue, beaucoup plus grande que celle d'un disque microsillon dont le vieillissement

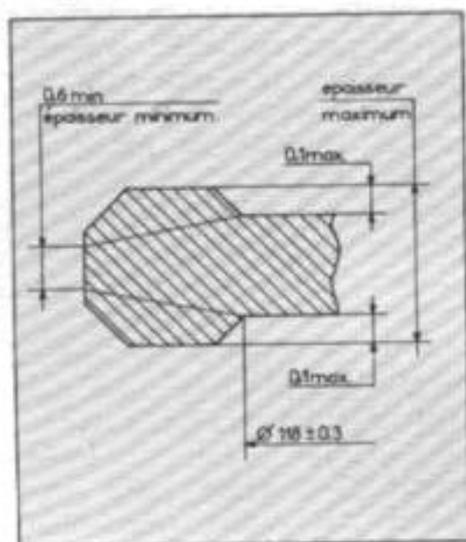


Fig. 1 : Bord d'un disque CD selon la norme Compact Disc. Un chanfrein ou bord arrondi est permis. Sur les productions récentes, le bord extérieur, légèrement ébavuré du côté lecture, est devenu plus courant que le bord arrondi que l'on rencontrait il y a quelques années.

progressif de la surface entraîne une augmentation plus ou moins sensible du bruit de fond.

Contrairement à ce que l'on avait laissé entendre au moment de son apparition sur le marché, le disque CD est relativement fragile. Il doit être manipulé avec soin. Malgré sa dureté, le substrat en polycarbonate se raye facilement. Un nombre important de rayures sur la face lecture du disque a pour conséquence d'augmenter plus ou moins sensiblement le travail des circuits de correction d'erreurs, ce qui peut nuire à la définition sonore ou même produire des parasites (grésillements) lorsque les rayures sont trop nombreuses ou bien lorsque le lecteur CD y est très sensible. Comme on le sait, les rayures se produisent au cours des différentes manipulations comprises entre le retrait du disque de sa pochette et sa remise en place dans celle-ci.

Le boîtier est conçu pour que la face lecture du disque ne vienne en contact qu'avec l'ergot central. Le disque se retire et se

remet en place dans le boîtier à l'aide de trois doigts, pouce, index et majeur, l'index ou le pouce servant à appuyer sur l'ergot pour le blocage ou le déblocage du disque. Le boîtier étant en matière plastique, il ne raye que difficilement le disque.

Un disque CD manipulé correctement, même plusieurs centaines de fois ne devrait normalement ni finir par se rayer sur sa face lecture, ni comporter des traces de doigts sur celle-ci. Les rayures de produisent plus facilement au moment de la mise en place ou du retrait du disque du lecteur CD. L'utilisateur peu soigneux ou trop pressé aura tendance :

- à précipiter les opérations de mise en place et de retrait du disque ;
- à ne pas attendre l'arrêt complet du lecteur (sur certains modèles) ;
- à frotter accidentellement le disque contre les bords du tiroir au moment de son retrait ou de sa mise en place.

Les autres types de rayures

proviennent du manque de soin dans la manipulation des disques :

- disque manipulé à pleine main et non par ses bords ;
- disque posé à plat avec la face lecture sur une table, sur le sol, sur la pochette du disque ou sur un autre disque.

Dans ces conditions, l'utilisateur peut se retrouver deux ou trois ans plus tard (voire même plus tôt) avec, non pas un ou deux disques défectueux, mais avec une collection de 100, 200 ou de 500 disques que son lecteur CD refusera systématiquement. En effet, le gros inconvénient du disque CD par rapport au disque noir est qu'à partir d'un certain état de dégradation, il devient quasi-illisible.

Comme indiqué plus haut, un disque manipulé correctement ne devrait normalement jamais comporter de trace de doigts du côté lecture (et même du côté étiquette). Le nettoyage du disque à l'aide de différents produits et accessoires n'est donc pas nécessaire dans ce cas. Cependant, il suffit de compter le nombre



A



B

Fig. 2A, 2B : Exemple de disque CD fabriqué en 1982 présentant un défaut. La sérigraphie, visible en A, a été faite avec une encre dont les solvants ont traversé le vernis de protection et attaqué la couche réfléchissante. Le défaut est visible en B sur la face lecture du disque.

d'accessoires de nettoyage « spécial CD » disponibles actuellement sur le marché pour s'apercevoir que le disque CD ne semble pas faire l'objet d'autant de précautions d'utilisation. Rien qu'au Japon on compte actuellement plus de 30 accessoires de ce genre, auxquels il faut ajouter ceux provenant des autres pays. Les produits, liquides et aérosols pour CD sont en général vendus à un prix plus élevé que ceux conçus pour les disques noirs (cet écart de prix n'est pas toujours justifié). Le nettoyage s'effectue à l'aide de tissus, de brosses ou de systèmes mécaniques (disque tournant ou brosse tournante). Les liquides anti-statiques ont pour avantage d'éviter l'attraction des poussières par les disques. La méthode de nettoyage la plus efficace et la moins onéreuse reste celle de la peau de chamois véritable (son prix est inclus entre 60 et 100 F selon la qualité et les dimensions). Cette peau assure, mêlé à sec, le retrait des traces de doigts et des taches grasses. Il est conseillé d'éviter l'usage des diluants ou des agents de nettoyage autres que prévus pour les disques noirs ou pour les disques CD. Comme on s'en doute, les traces de doigts s'en vont mais les rayures restent.

Un point fort du disque CD est que l'information gravée est protégée, du côté lecture, par un substrat de 1,2 mm d'épaisseur. La profondeur des rayures est de l'ordre de 0,02 à 0,1 mm en moyenne. Retirer celles-ci signifie qu'il faut retirer une certaine quantité de matière, le disque ne devant pas être chauffé de façon excessive pendant le polissage. Après cette opération, la face lecture doit conserver une transparence parfaite. Si les rayures sont peu profondes, la méthode du « Mirror » (agent polisseur liquide) et la peau de chamois peut donner de bons résultats et faire disparaître presque totalement les rayures. Toutefois,

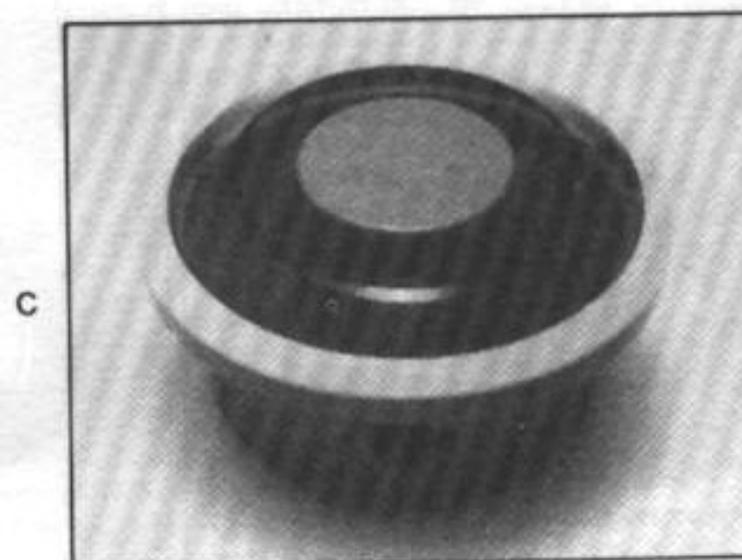
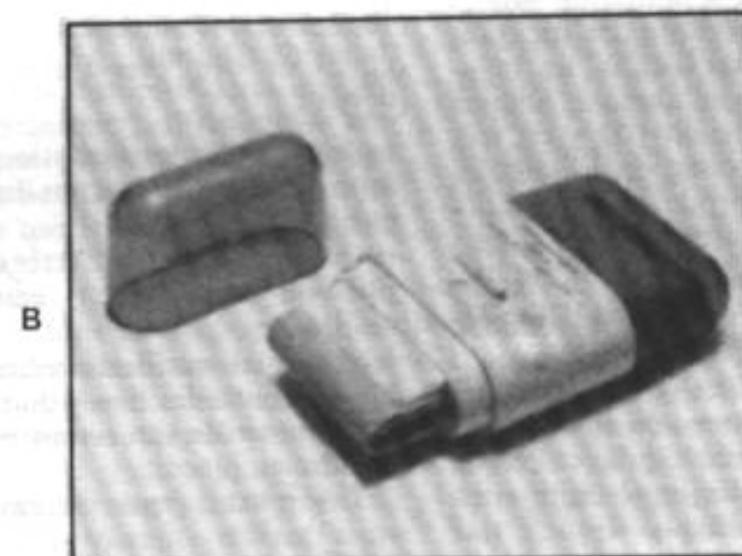
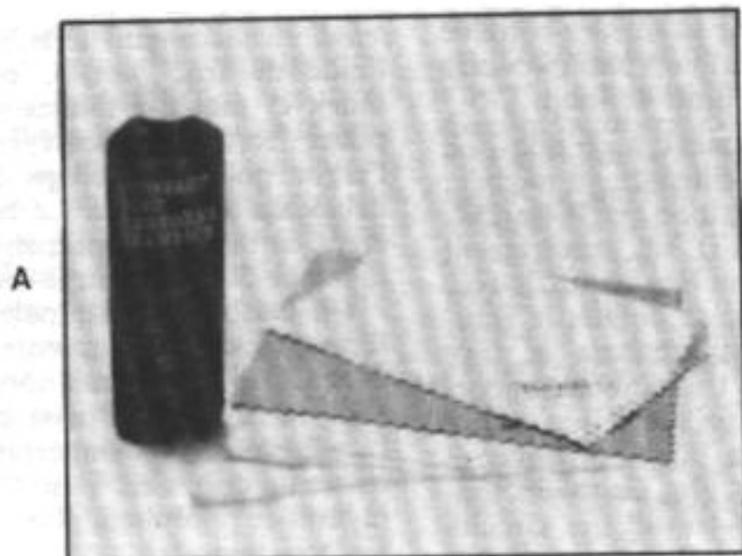


Fig. 3 : Trois accessoires pour l'entretien des disques CD. En A, Saec LDR-50 « Compact-Disc Restorer Solution », conçu pour la restauration des disques rayés. En B, Audiotechnica AT 6055, sorte de gamme micro-abrasive pour l'effacement des rayures. En C, nettoyeur ultrasonique Audiotechnica AT 6060.

cette méthode n'est pas sans risques et son gros inconvénient est de nécessiter un temps de polissage qui peut dépasser 30 minutes (ce polissage devant s'effectuer sans appuyer).

Il existe pour certaines applications industrielles (polissage final des têtes magnétiques par exemple) des abrasifs ultra-fins sur feuilles plastifiées (gradation 4000 à 8000) qui pourraient être adaptés à ce polissage qui s'effectue dans l'eau. Peu de firmes ont osé se lancer dans un accessoire de polissage des disques CD, bien qu'il s'agisse d'un marché non négligeable. Signalons qu'au Japon, la firme SAEC, que l'on connaît pour ses bras de lecture phonographique, vient de commercialiser le « Compact-Disc Restorer Solution », un accessoire qui porte la référence LDR-50 (son prix au Japon est d'environ 120 F). La solution jointe à ce kit de réparation a pour but de combler les rayures et de les faire disparaître presque complètement.

Toujours au Japon, la firme Audiotechnica propose deux accessoires. Le premier, de prix assez élevé (800 F au Japon) est un appareil de nettoyage ultrasonique qui s'utilise avec une solution fournie avec l'appareil. Le disque CD est ainsi nettoyé en 50 secondes sans autre manipulation. Ce nettoyeur à ultrasons, le AT 6060, est complété par un autre petit accessoire de référence AT 6055. Il est composé d'un support dont l'extrémité arrondie est recouverte d'un tissu abrasif à micro-porosités (inférieures au micron). Il s'utilise comme une gomme avec un agent de polissage et permet de faire disparaître les rayures de faible profondeur. Ces appareils sont représentés sur la figure 3.

Signalons que la réduction de l'épaisseur du substrat en polycarbonate n'a pas d'influence sur la précision de la lecture, ce qui n'est pas le cas des rayures larges ou concentriques. Le retrait d'une épaisseur quasi-uniforme de 0,1 à 0,3 mm néces-

siterait par contre une machine plus sophistiquée dont le prix pourrait dépasser facilement 10 000 F. Le temps de polissage ne devrait pas être trop long et s'effectuer sans échauffement du disque ni contrainte mécanique trop élevée. Le coût de revient d'un polissage devrait rester faible (peu d'utilisateurs accepteraient de dépenser plus de 10 F par disque). Il est fort probable que ce genre d'appareil sera commercialisé sous peu au Japon (les demandes de la part des consommateurs étant importantes), mais il n'est pas impossible non plus que des industriels européens s'intéressent à la commercialisation du même genre d'appareil.

Parmi les autres petits accessoires de disques CD, citons les marques japonaises suivantes : Sony, Teac, TDV, Najaoka, Pioneer, Technics, Delca, JVC, Maxell, Supex, Yamaha, Denon, JCB, Excel, pour n'en citer qu'une partie.

## EQUATION DONNE DE L'EMOTION AU SON

### CAHIER DES CHARGES.

1. Création d'une enceinte acoustique
2. Réalisation d'un objet le plus esthétique et le plus discret possible
3. Capacité d'exprimer un espace musical réaliste avec une précision parfaite
4. Respect des timbres et proportions

5. Laisser à l'écoute de la reproduction l'émotion intacte de la réalité
6. Assurer un fonctionnement et un placement précis mais aisés

La haute-fidélité, à quelque niveau que ce soit, est un compromis. Il y en a de bon et de mauvais! EQUATION, l'approche de la perfection.

*Equation*

EQUATION EUROPE - rue Woeringen - 1000 Bruxelles - Tél: 32/2/501...

POINTS DE VENTE : FRANCE : Marseille L'INSTANT MUSICAL. Tél. 91.33.18.75 • Toulouse PHILIPPE ITTAH. Tél. 61.29.01.92 • Lille HÉLÈNE MAIKONEN. Tél. 20.06.14.70 - BELGIQUE : Bruxelles EMOTION MUSIQUE. Tél. 2/427.87.49 • Bruxelles NOIR et BLANC. Tél. 2/512.20.10 2/513.41.27 • Louvain-la-Neuve WATTS HIFI. Tél. 010-83.12.13

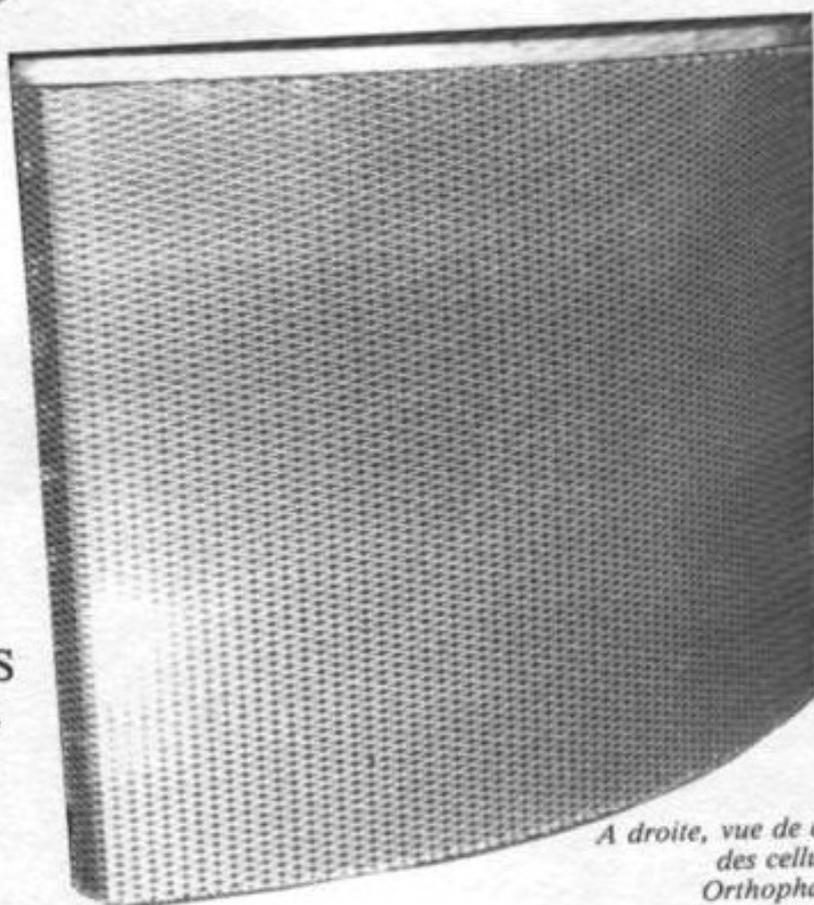
**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

# FRAGILE

Patrick Vercher

## LES CELLULES ORTHOPHASE



A droite, vue de dos  
des cellules  
Orthophase.

**E**

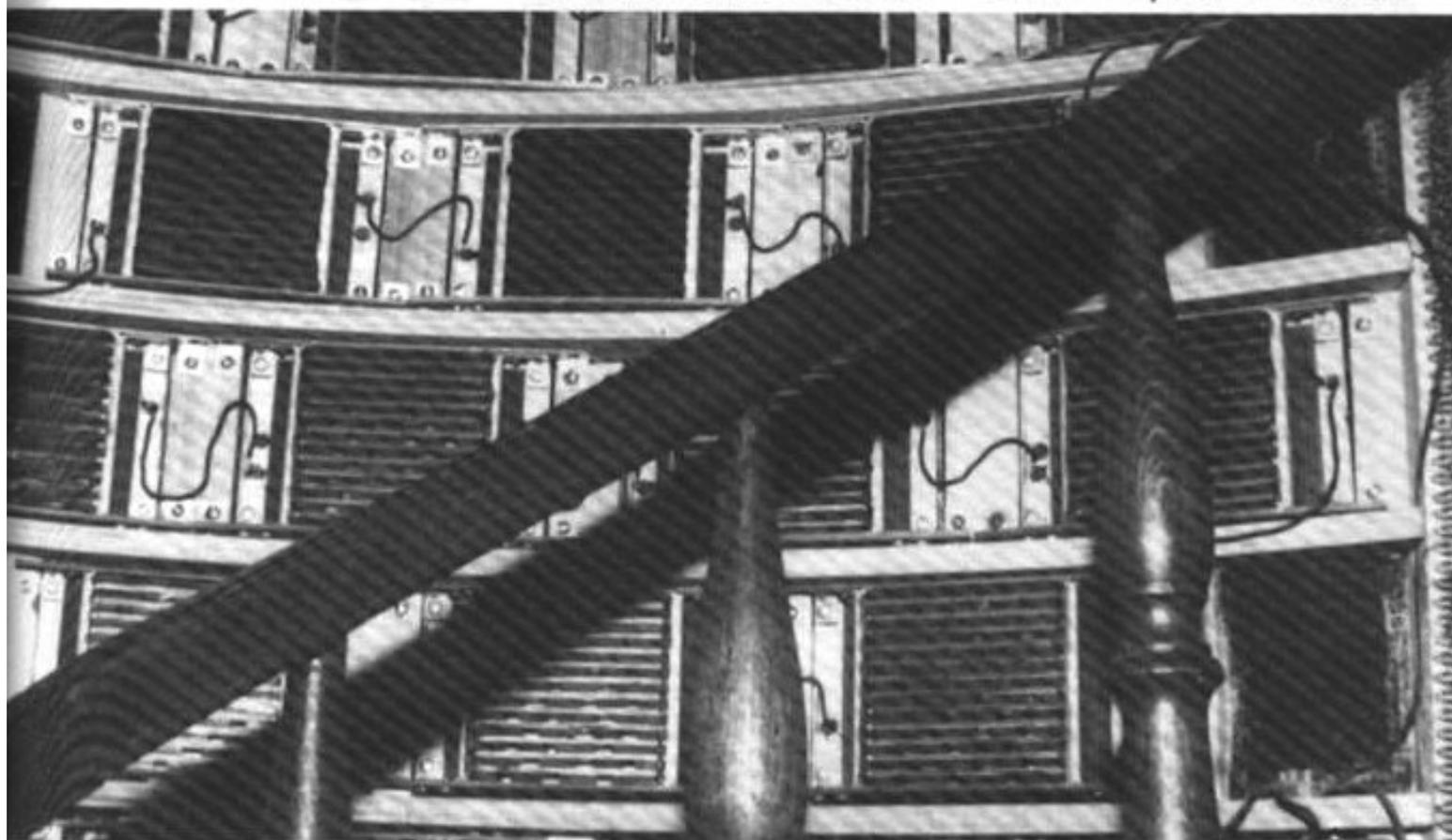
*n ce 12 juin 1970, le soleil darde sur le Cap d'antibes. De la somptueuse villa de l'Aga Khan qui domine la Méditerranée, on pouvait distinctement entendre les accents d'un grand orchestre de jazz. Le maître des lieux avait-il invité les musiciens d'une prestigieuse formation ? Pourtant en s'approchant des baies vitrées du grand salon, on ne voit âme qui vive. Seulement, à la base d'un élégant meuble on distinguait, derrière une fine grille, le rougeoiment des tubes KT 88 de deux Mac Intosh 275 bridés en mono. Sur le dessus de la console, les rayons du soleil formaient des reflets noirs à la surface du disque de la collection Blue Note lu par une cellule General Electric. Mais, point d'enceintes visibles. Pourtant toute l'immense pièce est remplie par la musique, d'une présence et d'un réalisme saisissants. Cependant, l'observateur un peu curieux pouvait remarquer deux immenses panneaux légèrement en épis, qui se confondaient par leur revêtement en tissu avec les murs. Chaque panneau renfermait... 75 cellules Orthophase travaillant en large bande.*

## Bref historique

La première apparition des cellules Orthophase remonte au 4<sup>e</sup> Salon International des Composants Electroniques en 1961. Les visiteurs furent vraiment éberlués par l'incroyable transparence de ces nouveaux transducteurs électrodynamiques à diaphragme plan qui se permettaient de rivaliser en transpa-

L'idée d'un transducteur à diaphragme plan mis en mouvement en tous points et fonctionnant suivant le principe électrodynamique n'était pas nouvelle en 1961. On peut citer, dès 1930, le fameux Blathaller que Siemens et Hastre réalisèrent à partir d'un diaphragme plan rectangulaire en aluminium gaufré de 90×60 cm avec pour circuit magnétique non pas des aimants

Bretagne, Mr. Stanley Kelly, pour pouvoir étalonner des microphones piézo-électriques utilisés dans les appareils de surdité, repris l'idée du Blathaller, mais en miniaturisant le principe, avec une succession d'aimants dont la polarité est alternée nord-sud vis-à-vis d'un diaphragme en mélinex sur lequel circule une grecque conductrice composée d'un ruban en



rence, rapidité sur les transitoires et absence de traînage avec les premiers électrostatiques.

La première cellule Orthophase est l'aboutissement des recherches d'un ingénieur acousticien français M. Poutot et du directeur des Ets GE-GO, M. Georges Gogny. Au départ, ils voulaient réaliser un transducteur à diaphragme plan de type électrodynamique sans compromis, sans considération de prix, pour une utilisation professionnelle, afin que les ingénieurs du son puissent vérifier la qualité de leurs enregistrements avec une appréciation beaucoup plus rigoureuse de la phase.

placés côte à côte mais plusieurs bobines excitatrices minces et allongées. Ces haut-parleurs très lourds — près de 300 kg ! — consommaient, rien que pour les bobines excitatrices, près de 800 W. Ils pouvaient accepter une puissance « kolossale pour l'époque avec un incroyable rendement de 2,5 % et une puissance acoustique de 200 W. Ce transducteur, dont la portée était de plusieurs kilomètres, a servi à la sonorisation de manifestations de sinistre mémoire à partir de 1934. A notre connaissance, tous les Blathaller ont été détruits à la fin de la deuxième guerre mondiale. En 1954, en Grande-

aluminium se trouvant face aux entrefers. Par la suite, Mr. Kelly étudia les tweeters à ruban de grande finesse qu'on pouvait trouver sur certaines versions sans pavillon sur les systèmes HQD Mark Levinson. Enfin, peu de temps avant l'apparition de la première cellule Orthophase, un physicien israélien M. Gamzon de l'Institut Weizeman à Rehovot a fait une communication concernant un haut-parleur électrodynamique plan à Stuttgart en 1959 au cours d'un congrès d'acousticiens. La licence de ce procédé fut reprise par la société Socapex qui fabriqua un microphone travaillant

suivant ce principe. Mais, comme dans toute recherche, l'idée est en l'air à une certaine époque et sans qu'il y ait de fuites, plusieurs groupes de chercheurs trouvèrent des solutions pratiquement simultanément.

Ainsi MM. Poutot et Gogny ont certes repris l'idée initiale du Blathaller mais au lieu de prendre une membrane qui se déforme — tel était le cas des diaphragmes en aluminium, Mélinex ou mylar, ils ont recherché un matériau rigide et ultra-léger capable de fonctionner en piston suivant l'idéal théorique.

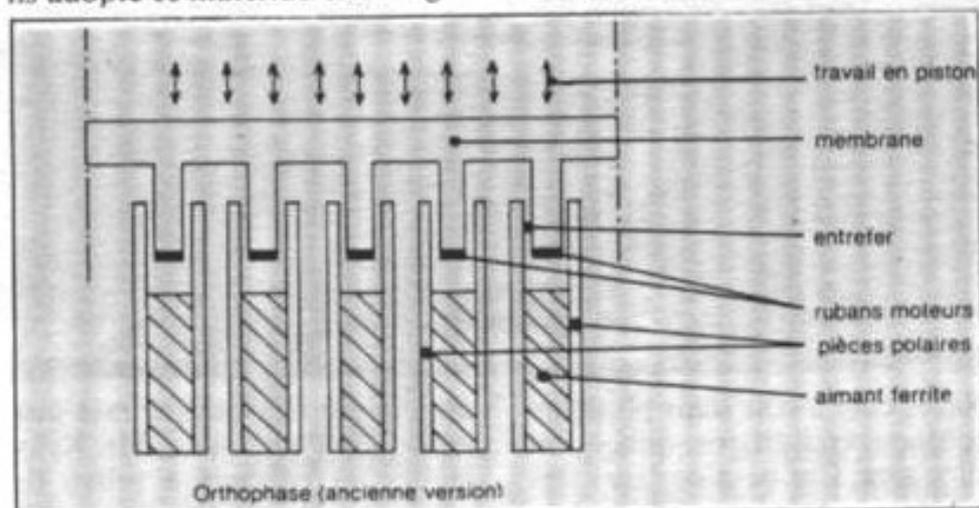
Après avoir étudié les modules de Young qui caractérisent la rigidité d'un matériau (en dyne/cm<sup>2</sup>) par rapport aussi à sa masse spécifique, nos deux chercheurs se sont aperçus que le polystyrène expansé était 100 fois plus résistant à la flexion que le carton en pulpe de cellulose des cônes conventionnels. Aussi ont-ils adopté ce matériau ultra-léger

mais rigide et qui pouvait également s'usiner relativement aisément pour former un diaphragme en une seule pièce.

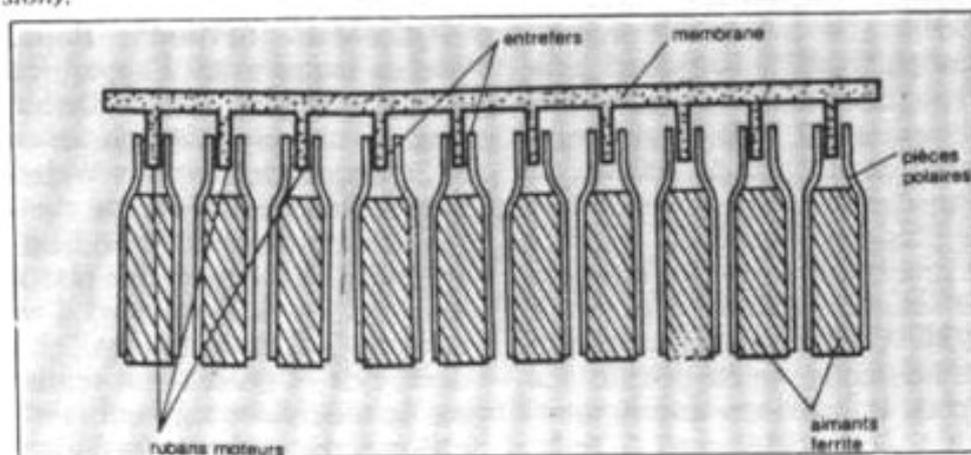
Les premières cellules Orthophase étaient constituées d'un diaphragme en polystyrène de 10×10 cm de côté pour une épaisseur de 0,8 cm. A l'arrière de la membrane, 16 rainures parallèles (10 par la suite) ont été fraisées sur 6 mm de profondeur dégageant des profils en T au sommet desquels la bande d'aluminium conductrice est collée (formant une grecque conductrice que l'on peut assimiler à une bobine mobile à plat). La partie active comprend donc 17 bandes de 10 cm de long et 2 mm de large plongeant à l'intérieur d'un champ magnétique uniforme procuré par une série de barreaux aimantés parallèles. La membrane est suspendue à chaque extrémité par deux bandes de polyuréthane assurant des débattements d'une amplitude

de quelques millimètres.

Le circuit magnétique (toujours pour ces premières cellules) est constitué de 17 barreaux en ferrite à structure orientée (ce qui était nouveau pour l'époque), aimantés dans le sens de l'épaisseur. Ces barreaux aimantés sont serrés et bloqués entre des armatures en fer pur formant un entrefer de 3 mm de large pour 6 mm de profondeur où règne un champ de l'ordre de 2'000 gauss. Par la suite, d'autres versions faisaient appel à quatre aimants par rangée de rubans au lieu de deux mais avec une largeur qui est passée de 3 à 5 mm. De ce fait, le profil des entrefers a été changé pour venir se « resserrer » autour de chaque ruban. La force motrice s'exerce donc sur les 17 conducteurs parallèles correspondant à 34 % de la surface totale émissive, ce qui différencie l'Orthophase des haut-parleurs à ruban classiques où la force motrice s'exerce à 100 %. Le diaphragme de l'Orthophase peut être considéré comme mû en tout point grâce à la rigidité du matériau utilisé renforcé par la succession des T parallèles usinés ainsi que nous l'avons vu plus haut. Les aimants plus les armatures constituent une structure ajourée de fentes parallèles par lesquelles le diaphragme rayonne aussi par l'arrière. Cette caractéristique permet d'obtenir une fréquence de résonance basse avec un amortissement correct provoqué par la suspension ainsi que le freinage de l'air passant par les fentes. Insistons sur le fait que la cellule Orthophase est le seul haut-parleur plan travaillant réellement en piston et non en flexion. Contrairement à nombre d'autres transducteurs qui ont repris plus ou moins son principe de fonctionnement.



Principe théorique de fonctionnement de la cellule Orthophase (ancienne version).



Vue en coupe d'une cellule Orthophase (deuxième version) les entrefers sont resserrés.

## Caractéristiques techniques

Les caractéristiques techniques des premières cellules Orthophase étaient les suivantes :

— Courbe de réponse dans l'axe :  $\pm 2$  dB de 1 kHz à 25 kHz.

En dessous de 1 kHz, la courbe de réponse dépend du nombre de cellules utilisées et du principe de charge adoptée.

— Impédance à 1 kHz : 0,35 ohms pratiquement linéaire en fonction de la fréquence.

— Distorsion par intermodulation : moins de 2 % pour une combinaison de fréquences de 40 à 12 000 Hz, rapport d'amplitude 12 dB.

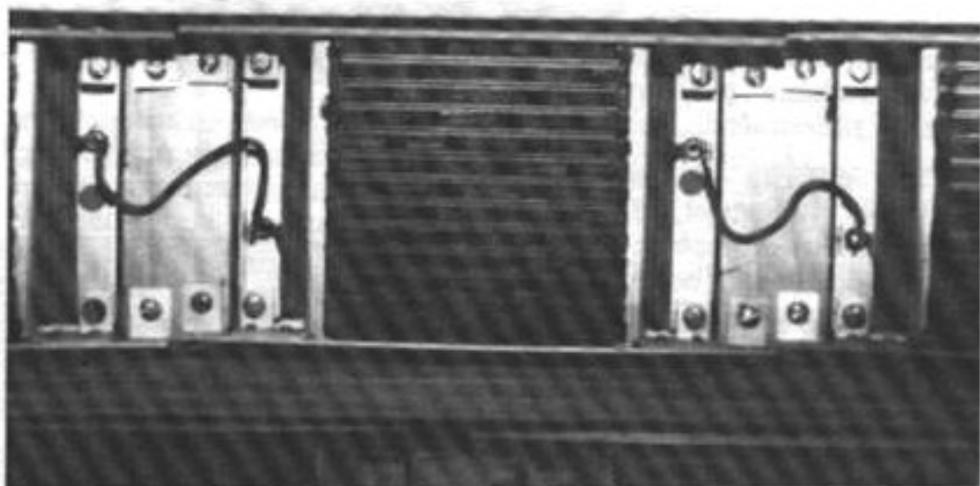
— Directivité, à 30° : moins de 6 dB à 15 kHz.

— Réponse sur signal carré : exceptionnelle, pratiquement identique à celui d'entrée avec absence totale de traînage et temps d'établissement ultra-rapide.

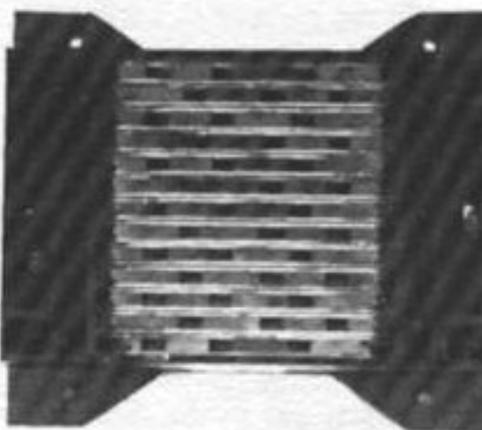
— Puissance admissible : de 3 à 10 W dépendant de la charge utilisée pour les cellules.

Au tout début de la commercialisation par Gego des cellules Orthophase, le constructeur proposait plusieurs types de configurations. La première était composée de 24 cellules disposées en arc de cercle sur une portion de surface cylindrique formée par un assemblage en bois très rigide servant de support baffle plan. Cet ensemble, dénommé P24, mesurait 84 x 72 cm pour une profondeur de 10 cm, le poids atteignant 30 kg. Donnée pour 100 W admissibles avec une impédance moyenne de 8 ohms, ce panneau était capable de transcrire avec une phase rigoureuse les signaux les plus complexes avec une énergie inégalable et une rapidité incroyable sur les transitoires.

Le deuxième ensemble P12 reprenait ce principe mais avec 12 cellules travaillant aussi en large bande.



Vue arrière d'un premier modèle de cellule Orthophase. On remarquera le bâti métallique et le nombre de barreaux aimantés.



Vue arrière d'une cellule Orthophase réalisée par M. Spiteri en 1980.



Vue avant de la même cellule « Spiteri ». Le bâti est très rigide.

Des systèmes hybrides virent aussi le jour tels que le SP4B4 utilisant 4 cellules Orthophase pour les fréquences au-delà de 200 Hz et 4 haut-parleurs coniques pour les fréquences basses en dessous de cette fréquence.

Enfin, l'ensemble A1B4 comprenait 1 cellule Orthophase complétée par 4 haut-parleurs pour le registre grave en dessous de 300 Hz.

Par la suite, divers systèmes furent expérimentés dont un remarquable en 1964 associant dans un système actif avec circuit d'asservissement deux cellules Orthophase faisant un angle de 15° avec un haut-parleur conique de 31 cm (W31A) qui, selon

un brevet déposé par M. Gogny en 1954, disposait de deux bobines mobiles placées de part et d'autre du cône avec des circuits magnétiques distincts. Grâce à ce procédé, la deuxième bobine mobile pouvait fournir une tension d'asservissement proportionnelle à la vitesse instantanée de la bobine motrice. L'idée était excellente pour obtenir dans la zone de raccordement une réponse aussi instantanée de ce haut-parleur électrodynamique par rapport à celle des cellules Orthophase.

Signalons que pour annuler une résonance caractéristique autour de 2-3 kHz (sonorité « teuf-teuf » caractéristique du

polystyrène), un petit circuit bouchon lissait la petite bosse correspondante par symétrisation du phénomène.

Très difficile à réaliser à l'échelon industriel, l'Orthophase était très complexe à fabriquer et demandait beaucoup de précision quant à l'ajustage des divers pièces constitutives. Après la disparition des deux inventeurs M. Poutot et M. Gogny vers 1971, le brevet concernant ces transducteurs tomba dans le domaine public le 3 juillet 1975 ; les héritiers des inventeurs n'ayant pas continué à régler les annuités à l'Etat. Au tout début des années 1980 (voir L'Audiophile n° 20 de mai 1981), M. E. Spiteri reconsidéra ce transducteur Orthophase qui l'avait particulièrement séduit en améliorant de nombreux points du châssis supportant le circuit magnétique, ainsi que la structure même de la membrane.

Ainsi, il réalisa une nouvelle carcasse apportant un gain important dans le rapport encombrement/surface émissive avec plus de 15 %, tout en facilitant le montage. La membrane moulée et rectifiée avait subi un traitement thermique pour gagner en rigidité sans pour autant l'alourdir avec un nouveau principe de collage de la grecque conductrice, pour éviter certaines résonances parasites et pour améliorer très nettement la fiabilité de la liaison entre celle-ci et les bornes d'arrivée de modulation. Toutes ses améliorations avaient permis de gagner une octave en plus, de supprimer certaines colorations (bruit propre au polystyrène) et d'obtenir aussi une plus grande précision sur les transitoires. Mais là aussi, faute de moyens pour rendre le produit vraiment industriel, l'Orthophase retomba petit à petit dans l'oubli bien que, courageusement, M. Spiteri, maintenant à la retraite, en assure la maintenance.

## La descendance des Orthophase

De nombreux transducteurs fonctionnant suivant un principe relativement similaire à celui de l'Orthophase ont vu le jour par la suite. Ceux qui nous viennent immédiatement à l'esprit sont entre autres les tweeters et cellules médiums Emit, Summit de chez Infinity, les transducteurs isodynamiques large bande Magnepan, les haut-parleurs à ruban Apogée large bande, les remarquables transducteurs avec grecque imprimée réalisés pour ces cellules médiums par 3A, sans parler des multiples versions de tweeters à diaphragme plan réalisé par Pioneer et Technics.

## Ecoute

Nous avons pu écouter diverses versions de configurations des cellules Orthophase, dont très récemment des panneaux à 24 cellules chez Disc'o Shop à Saint-Mandé où nous avons été reçu avec beaucoup de gentillesse. A chaque fois, nous avons été surpris par la rapidité de la réponse transitoire qui apporte une incroyable limpidité dans la zone des fréquences de 200 à 2 500 Hz où se trouve statistiquement le maximum d'informations musicales, ainsi que par l'impression de réelle pression acoustique dans le grave sans effet d'intermodulation, de flottement de membrane ou de coloration désagréable. Par la disposition en arc de cercle des cellules, la dispersion spatiale est très homogène sur une large ouverture, sans atténuation notable des fréquences élevées, même en se déplaçant de long en large dans la zone d'écoute. Ainsi, l'image reste-t-elle hyper-stable avec une notion de profondeur incroyable (très largement derrière les panneaux).

On aurait pu s'attendre, étant donné le nombre important de transducteurs à avoir un léger

flou sur les attaques, il n'en est rien : la précision atteint en ce domaine, une hallucinante vérité. Les timbres restent toujours superbes. La couleur, aussi bien des violons que des instruments à vent, est respectée avec une texture très riche. Sur les premières versions, certaines petites colorations de polystyrène pouvaient s'entendre (sorte de mélange de crissements et de feu-feu de surface). Mais par la suite, ce problème a été résolu en annulant la fréquence de résonance parasite par un circuit bouchon.

Sur les ultimes versions Spiteri, un traitement particulier de la matière ainsi qu'un nouveau profil de la suspension en trapèze, ont accru considérablement la linéarité entre 2 200 et 2 500 Hz. Fonctionnant en large bande, il ne pêche pas trop dans l'aigu, montant avec beaucoup de matière et une puissance acoustique et une énergie sans commune mesure avec les petits tweeters à dôme, se rapprochant vraiment de l'écoute en direct.

Les cellules Orthophase mériteraient un autre sort que l'oubli. Avec les nouveaux matériaux magnétiques actuels, les traitements spécifiques des matériaux synthétiques, à notre avis, il serait possible d'actualiser ce transducteur hautement musical.

## Références

*Les haut-parleurs Orthophase* par M. Remy, Revue du Son n° 37 mai 1961.

*Les haut-parleurs 3<sup>e</sup> édition* par Jean Hiraga (Editions Fréquences 1, boulevard Ney 75018 Paris).

*L'Orthophase, histoire et évolution* par Ernest Spiteri L'Audiophile n° 20 de mai 1981. (Pour tous ceux qui ont des problèmes de maintenance, M. Spiteri 31, rue du Verger 56860 Sene. Tél. 97.42.49.60).

Pour écouter l'une des premières paires de panneaux : Disc'o Shop 22, av. du Général de Gaulle 94160 Saint-Mandé.

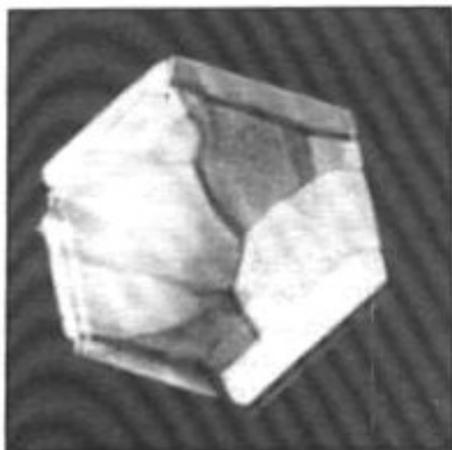
**Page non  
disponible**

MATERIAUX  
ET  
HAUTE-FIDELITE

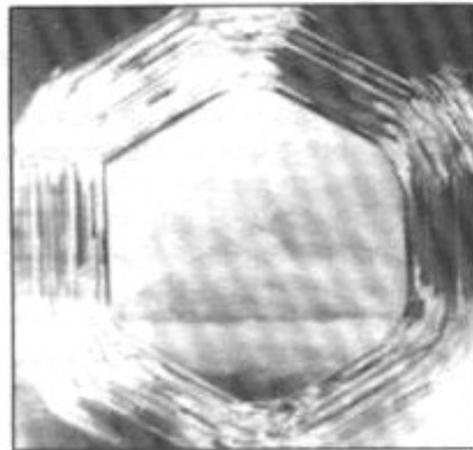
*Jean-Paul Biberian*

**P**

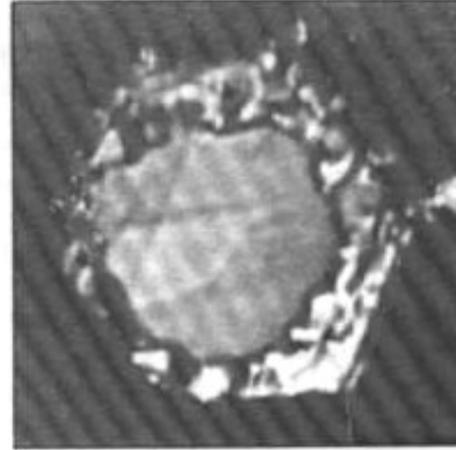
*eut-être ne nous en rendons-nous pas compte, mais un des éléments les plus importants de la révolution technologique de ces quarante dernières années est le développement tous azimuts de nouveaux matériaux. Nous sommes tous conscients du développement de l'électronique, de la micro-électronique, de la conquête de l'espace et de bien d'autres domaines nouveaux. Cependant, nous avons de la difficulté à voir que derrière toutes ces innovations se trouve le développement de nouveaux matériaux. Pour le grand public, ceci signifie en général simplement : matières plastiques. Mais en réalité c'est toute une gamme nouvelle qui a été développée. Après l'âge de la pierre, du fer, du bronze, nous entrons maintenant dans celui des matériaux nouveaux.*



a

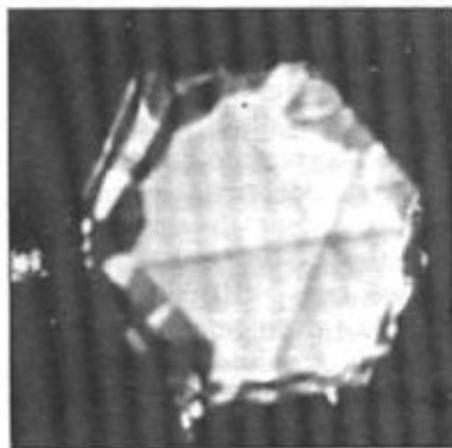


b

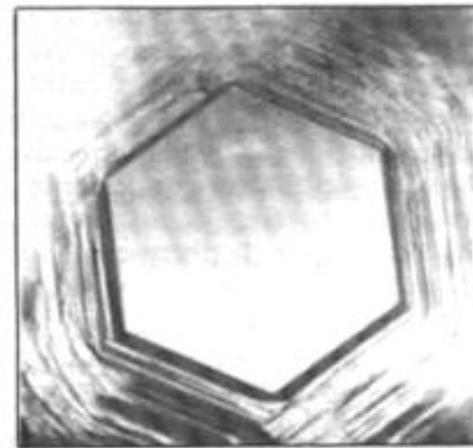


c

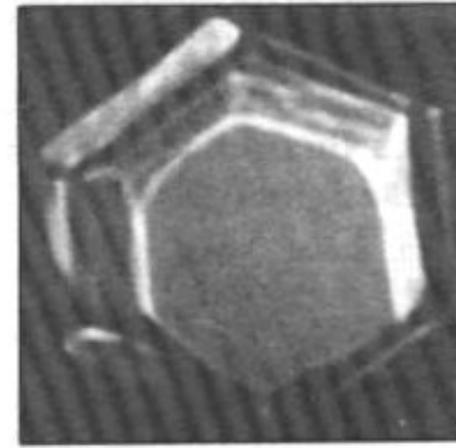
● La photo de gauche prise en microscopie électronique haute résolution montre clairement la structure atomique de la matière. En réalité, chaque point blanc ne représente pas un atome mais une rangée d'une centaine d'atomes vus en enfilade. L'échantillon observé ici est de la kalsphillite qui est intéressant par ses propriétés conductrices provenant d'ions potassium se déplaçant à travers les canaux de la structure. On observe sur la photographie avec un grossissement de 5 000 000 de rangées serrées où les atomes sont distants de 0,6 nanomètres, c'est-à-dire 0,6 millionième de millimètre ! La distance entre rangées identiques est de 2 nanomètres. Ce cliché montre la présence d'une faute d'empilement des plans atomiques. La régularité n'est plus la même entre les deux parties de l'image. On a en fait deux cristaux parfaits qui se rejoignent le long d'un plan appelé plan de macie. C'est le cas idéal d'un joint de grain tel que décrit dans l'article. On ne peut être qu'admiratif devant la précision de ces cristaux et même le défaut est d'une incroyable perfection !... Cliché A. Baronnet, Centre de Recherche sur les Mécanismes de la Croissance Cristalline, CNRS Marseille.



d



e



f

● Les six photographies optiques de cette page montrent différents stades de la croissance d'un cristal de cadmium en présence de sa vapeur, à des températures proches de la température de fusion du cadmium. Dans ce cas, le cristal n'est pas en équilibre, au contraire il évolue au cours du temps. On voit que le cristal de forme désordonnée en (a) se transforme en pyramides à 6 faces plus ou moins parfaites. Lorsque plusieurs pyramides se forment (b), (c), la plus importante finit par faire disparaître les autres (d), (e). Ceci prouve à quel point un matériau peut évoluer hors équilibre thermodynamique. Clichés M. Gauch et G. Quentel, Centre de Recherche sur les Mécanismes de la Croissance Cristalline, CNRS, Marseille.

Le but de cet article n'est pas de faire une revue de détails de tous les matériaux nouveaux existants mais plutôt de comprendre ce qui fait leur différence et quelles sont leurs propriétés particulières pour les applications en audio. Mais pour pouvoir comprendre l'importance de la structure de ces matériaux, il est indispensable de comprendre quelques notions fondamentales de physico-chimie. Nous devons donc regarder certains aspects de thermodynamique et de cristallographie. Mais d'une manière très qualitative !

## 1. Les matériaux en haute-fidélité

En commençant à réfléchir sur le contenu de cet article, il m'est apparu qu'évidemment la fabrication des membranes des haut-parleurs était quasiment la seule utilisation de matériaux avec certaines caractéristiques dans ce domaine. Puis en approfondissant un peu plus, il m'a semblé qu'en réalité les matériaux étaient présents partout.

Afin d'être le plus clair possible, nous allons faire une revue des matériaux utilisés entrant dans la constitution d'un système haute-fidélité.

### 1.1. Les enceintes acoustiques

Nous venons de voir que les membranes des haut-parleurs étaient importantes dans la restitution des sons. Ce qui importe ici ce sont les qualités mécaniques, c'est-à-dire vibrationnelles du matériau. Pour quasiment les mêmes raisons on étudie les matériaux constitutifs des enceintes acoustiques.

### 1.2. L'électronique

Un amplificateur, ou tout système électronique, se compose de deux types de composants : les actifs et les passifs.

Parmi les éléments actifs, nous citerons les diodes, les transistors, les circuits intégrés et les tubes à vide. Les éléments inactifs sont les résistances, les condensateurs, les inductances, les transformateurs, les éléments de connexion. Nous verrons quelles sont les qualités requises pour leur réalisation et quelle sont les limitations technologiques actuelles.

### 1.3. Les autres éléments

Sans oublier les ensembles comme les platines de lecture analogiques et numériques, les châssis, il faut également réaliser que les éléments entrant dans la construction de la salle d'audition sont très importants et peut-être même les vêtements que l'on porte soi-même ainsi que ceux que portent l'ensemble des auditeurs !

## 2. La thermodynamique

Un grand domaine de la science est la thermodynamique, elle nous indique les relations entre les phénomènes mécaniques (mouvement, travail) et les phénomènes thermiques (chaleur, température). Tous les matériaux sont soumis aux lois de la thermodynamique. On définit deux notions importantes : l'équilibre thermodynamique d'une part et la cinétique d'autre part.

L'équilibre thermodynamique est la situation stable où le système n'évolue pas avec le temps. Le système formé par une bouteille fermée à une température donnée, contenant de l'eau en présence de sa vapeur à une certaine pression, n'évolue pas. En fait, il évolue mais autant de molécules d'eau s'évaporent et passent en phase gazeuse que de molécules de gaz se condensent dans l'eau. C'est un équilibre dynamique. Si la température change, cet équilibre évolue vers un autre état d'équilibre avec une autre pression de vapeur

d'eau. La vitesse et la façon dont le système évolue est du domaine de la cinétique.

Sommes-nous dans un monde en équilibre ? Certainement pas. Les diamants ne sont pas éternels ! En réalité, un matériau aussi performant que le diamant est dans un état instable. Il a été fabriqué à partir de carbone dans les profondeurs de l'écorce terrestre où règnent des températures et des pressions très élevées, puis sont remontés à la surface en l'état. Mais nous savons qu'à température et pressions ambiantes, la forme d'équilibre du carbone est le graphite ! En conséquence, si nous attendons suffisamment longtemps, le diamant va se transformer en graphite ! Ceci ne veut pas dire qu'il ne faut pas investir dans le diamant, car cette période est extrêmement longue, probablement bien plus longue que la durée de vie du soleil. Alors pas d'inquiétude. Par contre, si nous élevons la température, le phénomène va s'accélérer. Après un incendie, ce n'est pas sûr que les bijoux de famille resteront intacts, ils seront peut-être simplement changés en vil charbon. On peut d'ailleurs faire soi-même l'expérience, mais dans certains cas, il vaut mieux faire confiance à ceux qui ont essayé avant nous !

La figure 1 montre les structures atomiques respectives du diamant et du graphite. Tous deux sont formés d'atomes de carbone, mais le diamant a une structure tétraédrique, c'est-à-dire que chaque atome de carbone est situé au centre d'un tétraèdre (pyramide à quatre faces triangulaires) et est relié aux quatre atomes situés aux sommets du tétraèdre par quatre liaisons atomiques. Par contre, le graphite a une structure hexagonale lamellaire. Dans le plan chaque atome de carbone est relié à trois atomes de carbone par une liaison forte comme dans le cas du diamant, tandis qu'entre feuillets, la liaison est faible. C'est ce qui explique d'une part la grande dureté du diamant avec les liaisons fortes et homogènes dans toutes les directions et d'autre part la tendresse du graphite qui en fait un matériau idéal pour des mines de crayon : par frottement, les feuillets se détachent les uns des autres sans difficultés. C'est aussi la raison pour laquelle on utilise le graphite comme lubrifiant, par exemple dans les huiles moteur graphitées. Dans l'autre direction, on utilise des fraises diamantées pour faire des têtes de forage pétrolier.

Pour passer du diamant au

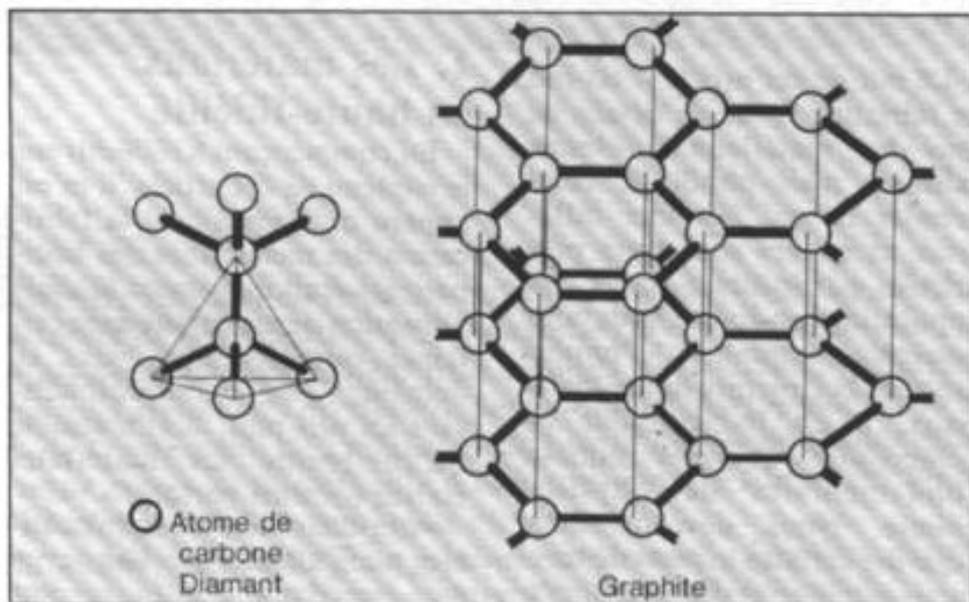


Fig. 1 : Les structures comparatives du diamant à gauche et du graphite à droite.

graphite, il faut changer le système de liaisons entre atomes de carbone. Ceci se passe très lentement à température ambiante mais très rapidement à haute température. En effet, pour un solide, la température est une mesure moyenne de la vibration des atomes autour de leur position d'équilibre. Plus l'amplitude des vibrations est grande, plus il est facile de passer d'une liaison à une autre. Au zéro absolu, c'est-à-dire à  $-273^{\circ}\text{C}$ , les atomes sont quasiment fixes et ne vibrent plus. A toute autre température, ils vibrent et ainsi peuvent changer tout doucement de position.

En réalité, tous les systèmes n'évoluent pas ainsi. Dans certains cas, il faut que le système franchisse une certaine barrière de potentiel pour évoluer. En dessous d'une certaine température, le système reste stable puis au dessus de cette température il va commencer à changer. On peut facilement comprendre cela en prenant le cas d'un livre posé sur une table. Si le livre est debout et si rien ne vient perturber son équilibre, il pourra rester ainsi indéfiniment. Pourtant, ce n'est pas l'équilibre le plus stable puisque le même livre couché sera encore plus stable ! La figure 2 donne une vue schématisée

de ce système. Si nous faisons un graphique sur lequel est porté sur l'axe horizontal l'angle de rotation du livre et sur l'axe vertical la hauteur du centre du livre par rapport à la table, on voit qu'il y a deux minima : le plus élevé correspond au livre debout et le plus bas au livre couché. On voit sur le graphique que pour passer du point D livre debout au point C livre couché, il faut passer une barrière située au point B. Avant de basculer, le centre du livre doit s'élever légèrement au dessus du niveau d'équilibre. Si le livre est debout sans vibrer, son centre reste en D. Par contre, s'il commence à vibrer, si les amplitudes sont faibles, il restera debout autour du point D. Mais dès que les amplitudes de vibrations seront suffisamment grandes pour dépasser le point B, le livre va basculer et atteindre le point C. En thermodynamique, le phénomène est similaire : l'axe vertical est l'énergie totale du système et les amplitudes de vibrations sont équivalentes à la température. On peut donc comprendre que dans certains cas un système puisse rester dans un état métastable pendant une très longue durée. Tant que la barrière de potentiel n'est pas atteinte, rien ne se produira.

Dans d'autres cas où il n'y a pas de barrière de potentiel, le système évolue plus ou moins vite suivant la température. S'il faut 10 minutes ou peut-être moins pour cuire des pâtes « al dente » à  $100^{\circ}\text{C}$ , c'est-à-dire à la température d'ébullition de l'eau au niveau de la mer, il ne faudra que 3 à 4 minutes dans une cocotte minute sous pression car la température de l'eau sera alors supérieure à  $100^{\circ}\text{C}$ . Par contre, dans une marmite ouverte en altitude où la pression atmosphérique est plus faible, il faudra une demi-heure ! Nous en avons tous fait l'expérience au ski ! Ceci s'explique par le fait que les réactions de cuisson sont activées par la chaleur, mais sans barrière.

### 3. La structure des matériaux

Depuis 2000 ans, nous pensons que la matière se décompose en éléments ultimes appelés atomes. Depuis cent ans, nous avons la preuve scientifique de l'existence des atomes et depuis quelques dizaines d'années nous avons observé grâce à de puissants microscopes les atomes individuellement. Il n'y a donc aucun doute, la matière est atomique et non pas continue.

Dans une structure solide, les atomes sont liés entre eux de deux manières : soit sous forme moléculaire, avec des assemblages de plusieurs atomes de même nature ou de nature différente, soit sous forme cristalline, avec un motif formé d'un ou plusieurs atomes qui se reproduit indéfiniment le long d'un réseau, à l'image d'un carrelage ou d'un papier peint mural. La figure 3 montre un cas de structure moléculaire et une structure cristalline à deux dimensions.

#### 3.1. La structure cristalline

En fait, et c'est surprenant à première vue, on ne peut pas

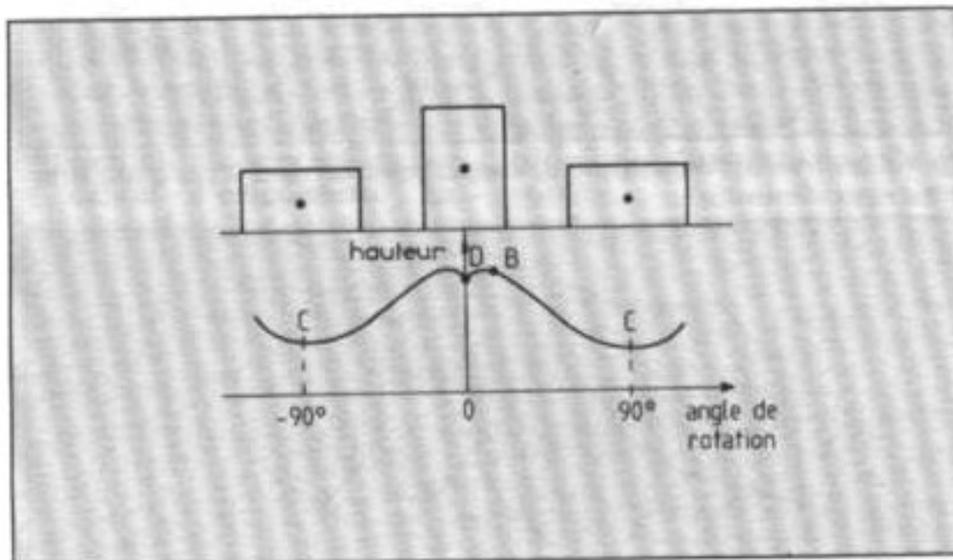


Fig. 2 : La notion de barrière. Pour passer de son état d'équilibre debout à l'état d'équilibre encore plus stable couché, le livre doit franchir la barrière en B (cf. texte).

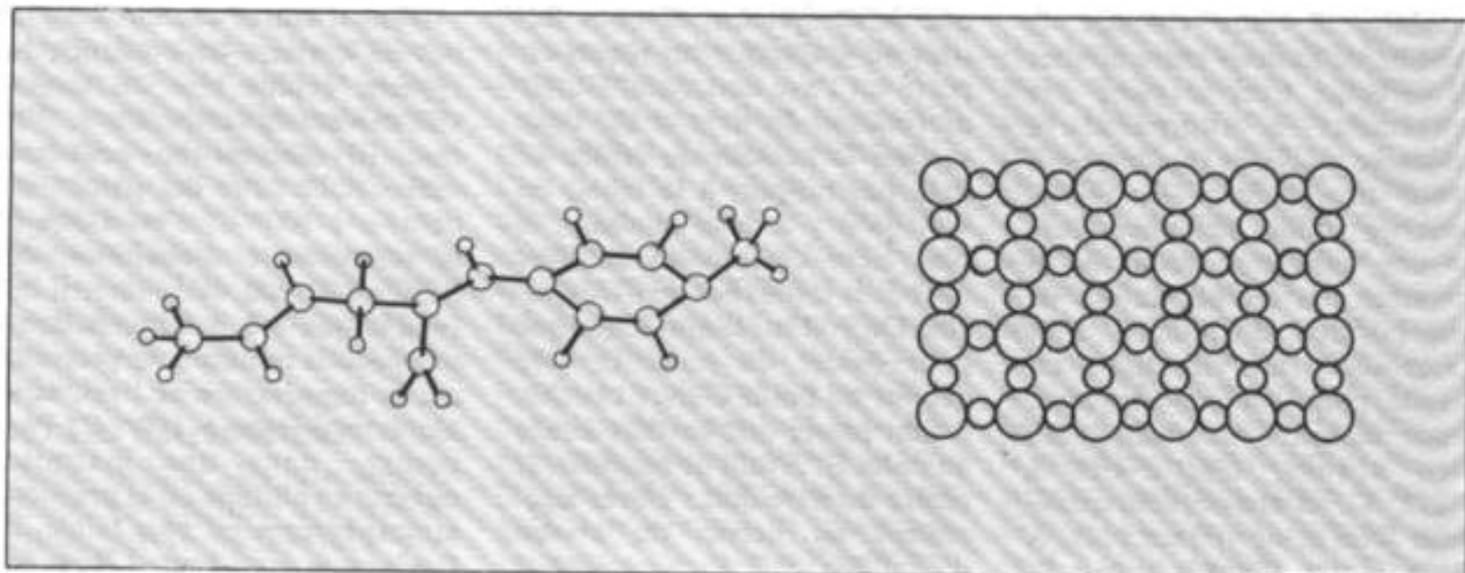


Fig. 3 : Comparaison entre une structure moléculaire à gauche et une structure cristalline à deux dimensions à droite.

avoir n'importe quel motif périodique qui puisse se construire sans défaut. Par exemple à deux dimensions, la maille du réseau sera soit un parallélogramme (les rectangle et carré étant des cas particuliers), soit un triangle, soit un hexagone. On ne peut pas faire un arrangement régulier infini avec des pentagones. Au sommet de chacun de ces polygones est placé un motif qui se répètera indéfiniment. La figure 4 décrit ces trois types de mailles.

### 3.2. Les joints de grain

Les matériaux cristallins réels n'ont pas les qualités décrites au paragraphe précédent. En pratique, les réseaux réels sont remplis de défauts. A la plus grande échelle ce sont les joints de grain car un matériau réel est formé de petits cristallites relativement exempts de défauts séparés les uns des autres par des joints de grain. La figure 5 montre un tel assemblage à deux dimensions.

Alors que les forces de liaison sont très grandes dans un cristal idéal, il n'en est plus de même entre les cristallites constituant le cristal. On pourrait prendre comme comparaison l'obélisque de la place de la Concorde à Paris fabriqué en une seule pièce et un bâtiment construit avec des briques. L'obélisque est bien

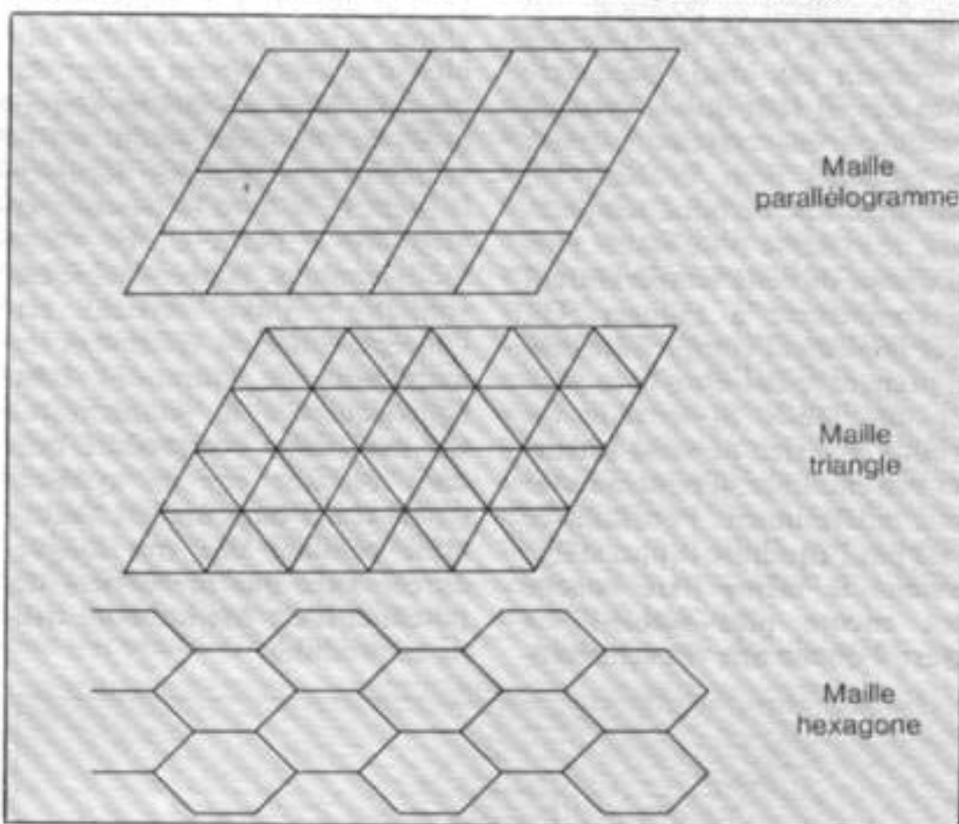


Fig. 4 : Les trois différents types de mailles possibles dans le cas d'une structure à deux dimensions.

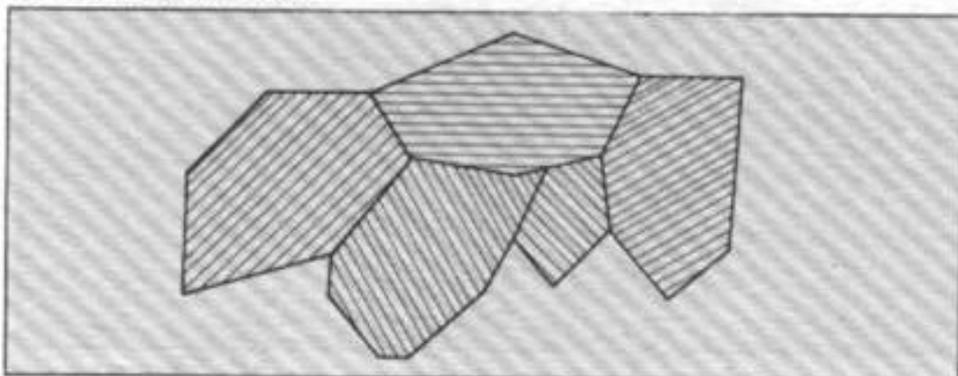


Fig. 5 : Les petits cristallites d'un matériau sont séparés par des joints de grains.

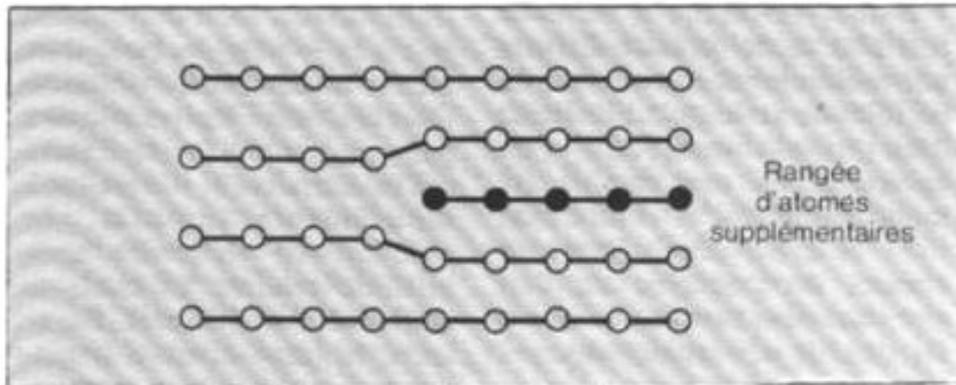


Fig. 6 : Dislocation créée par un défaut d'empilement.

plus rigide, car d'une seule pièce, alors que la même construction en pierre est très fragile, car les briques n'adhèrent pas très bien les unes aux autres. Les joints de grain sont généralement des zones de fragilisation. Ce n'est pas toujours le cas. Quelque fois, le rajout d'un peu d'impuretés dans un matériau mou peut le durcir, car les impuretés diffusent aux joints de grain et modifient le comportement des grains les uns vis-à-vis des autres. C'est tout l'art de la métallurgie que de rajouter un peu de poudre de Perlín Pinpin pour modifier la structure du métal et ainsi obtenir de meilleures performances. De ce point de vue, les matériaux purs ne sont pas nécessairement les meilleurs. On ajoute du cuivre dans l'or pour le durcir.

### 3.3. Les dislocations

Nous avons vu au paragraphe précédent que les cristallites étaient presque parfaits. Ce qui les rend imparfaits c'est ce que les cristallographes appellent les dislocations, qui sont créées par un défaut d'empilement. La

figure 6 montre un tel défaut. Les rangées d'atomes ne correspondent pas exactement entre une partie du cristal et une autre.

On s'aperçoit alors qu'il s'est créé un point faible dans la structure ; si on tire de droite à gauche le cristal, la rangée supplémentaire qui n'existe pas du côté droit peut glisser facilement et ainsi le matériau se modifie irréversiblement.

### 3.4. Les surfaces

Un cristal quelconque ne peut être infini, il est forcément limité par une surface. Or les atomes qui se trouvent là ne sont pas dans le même environnement que ceux situés au cœur de cristal. Un certain nombre de liaisons sont manquantes. Ceci signifie que les propriétés chimiques et mécaniques des surfaces sont différentes de celles du volume. La figure 7 montre un schéma d'une surface avec les liaisons libres. Dans certains cas, la surface se reconstruit avec une périodicité différente de celle du volume.

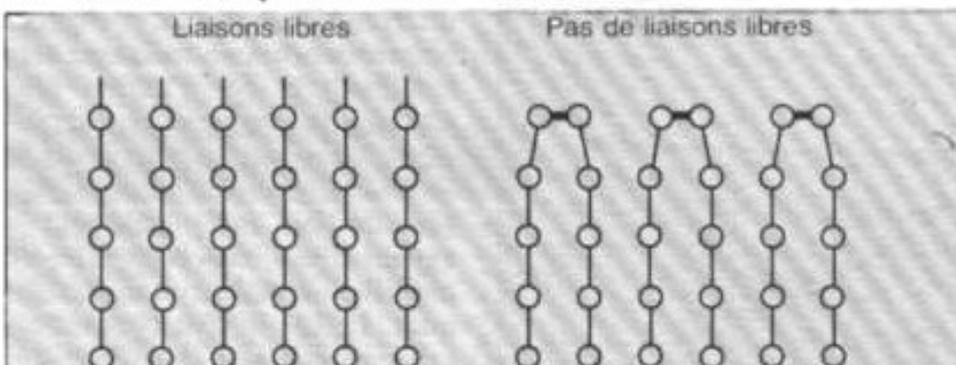


Fig. 7 : La structure en surface implique des caractéristiques particulières. A gauche, une surface non reconstruite, à droite une surface reconstruite.

Lorsqu'on a un alliage par exemple binaire d'atomes A et B avec une certaine composition, celle-ci n'est pas nécessairement respectée en surface. Nous connaissons tous malheureusement le cas du pétrole dans l'eau de mer, bien qu'en volume il y en ait très peu, on ne retrouve que du pétrole en surface ! La figure 8 donne un exemple d'un alliage binaire avec enrichissement en un des deux éléments en surface. Le mécanisme expliquant cet enrichissement est très complexe, un cas intéressant est néanmoins celui de la diffusion induite par l'oxygène. C'est ce qui se produit avec les aciers inoxydables fer-chrome qui s'enrichissent en chrome en surface sous l'effet de l'oxydation du chrome par l'oxygène de l'air. La surface oxydée joue ensuite le rôle de couche de passivation qui empêche la poursuite de l'oxydation.

## 4. Les propriétés des matériaux

### 4.1. Les propriétés mécaniques

Elles sont en rapport direct évidemment avec la nature des éléments qui les composent. Mais pour un composé donné, celles-ci varient avec des paramètres importants tels que la taille des grains, le type des joints de grains, le type et le nombre de dislocations, la répartition des éléments d'une manière homogène.

### 4.2. Les propriétés électriques

Les paramètres qui interviennent sont les mêmes que précédemment avec, dans le cas des semiconducteurs tels que le silicium ou l'arséniure de gallium, une sensibilité beaucoup plus grande à ces différents éléments. Les transistors et circuits intégrés sont fabriqués sur des tranches de silicium entièrement monocristallines c'est-à-dire sans joint

de grain ! Ces tranches ont couramment 150 mm de diamètre et dans un avenir proche elles auront 200 à 250 mm de diamètre ! Dans ce cas, le matériau doit en plus avoir un minimum de dislocations, car ce sont des pièges pour les électrons qui se déplacent et qui se trouvent bloqués sur un défaut cristallin. Les matériaux doivent aussi être très purs, car la moindre impureté agit comme un dopant et en change complètement les propriétés conductrices. Dans la réalisation des transistors, les impuretés sont placées d'une manière contrôlée pour modifier les propriétés conductrices.

### 4.3. La résistance à la corrosion

Tous les matériaux sont en contact permanent avec un milieu extérieur, solide, liquide ou gazeux. Une interaction a donc lieu avec les atomes ou molécules de ce milieu. Cette interaction se produit par l'intermédiaire de la surface qui est donc extrêmement importante. Par exemple, l'oxygène de l'air réagit avec les atomes de surface d'un métal pour former un oxyde de surface, puis les molécules d'oxygène peuvent diffuser à l'intérieur du matériau en suivant les interstices que sont les joints de grains. La figure 8 montre une vue schématique de l'oxydation.

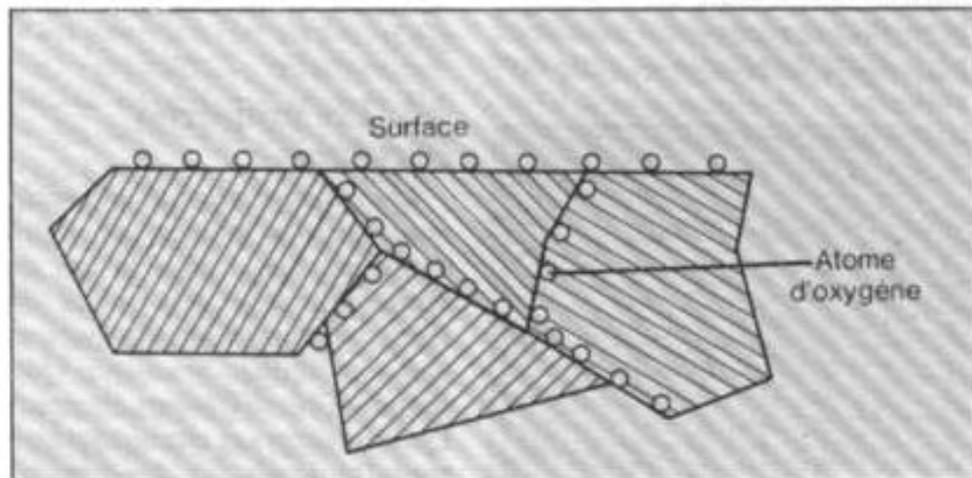


Fig. 8 : L'oxydation aux joints de grains des surfaces et les joints de grains sont beaucoup plus perméables que les cristaux eux-mêmes.

Il faut savoir qu'il est mille fois plus facile de faire diffuser une molécule sur une surface ou un joint de grain qu'à l'intérieur d'un cristal massif. On s'est aperçu qu'un morceau de fer monocristallin, c'est-à-dire sans joint de grain restait intact au contact de l'oxygène de l'air alors que nous savons tous que le fer s'oxyde très rapidement.

## 5. Les comportements des matériaux

Pour terminer cette première partie, nous allons aborder les matériaux pour l'audio vis-à-vis de leur comportement sans entrer dans le détail de chaque composant qui sera vu lors d'une deuxième partie.

L'ensemble de composants d'une chaîne devra répondre à certaines qualités spécifiques liées à l'audition : bande passante de 20 kHz, dynamique de 90 dB. Dans ce qui suit, nous examinerons les aspects vibratoires, électriques et électroniques attachés au choix des matériaux.

### 5.1. Les comportements vibratoires

Les propriétés élastiques des matériaux sont mises à profit principalement dans les éléments des enceintes acoustiques. Les membranes des haut-parleurs doivent transmettre fidèlement les vibrations produites dans le

transducteur. Elles doivent donc être à la fois rigides pour transmettre fidèlement les vibrations, mais également légères afin de ne pas opposer de forces d'inertie qui ralentiraient et filtreraient les mouvements imposés. Les réponses en fréquence et en intensité rendent les choix des matériaux très difficiles. Par ailleurs, le grand nombre de mouvements auxquels sont soumis les membranes des haut-parleurs ont un effet de vieillissement pouvant changer les caractéristiques du matériau.

Les enceintes acoustiques sont, dans la plupart des cas, des assemblages de panneaux dont les qualités de réponse en fréquences sont le résultat de la géométrie de la structure et de la qualité de réponse vibrationnelle des matériaux. En ce qui nous concerne ici, nous pouvons voir qu'aussi bien le matériau que la structure peuvent évoluer au cours du temps. Le matériau évoluera à cause de l'humidité ou de la sécheresse, du froid ou du chaud qui en transformeront les structures moléculaires ou cristallines. La structure de l'enceinte acoustique se modifiera par déformation des panneaux et évolution des fixations ou des collages.

### 5.2. Les comportements électriques

Les éléments électriques inactifs tels que les câbles, les contacts, sont tous soumis aux lois de la diffusion qui font que les différentes zones de l'élément ont tendance à se mélanger très lentement et ce, d'autant plus vite que la température est plus élevée. Les agressions des gaz ambiants, principalement l'oxygène de l'air, mais également la vapeur d'eau, ont pour effet de modifier certaines caractéristiques. Le cas le plus courant est celui des contacts électriques qui sont d'une grande importance car une légère couche d'oxyda-

tion sur un contact produira un effet résistif et capacitif, mais aussi aura un rôle de diode de redressement, un peu comme dans un poste à galène !

Les câbles de liaison sont d'une grande importance en audio et ne sont pas tous équivalents. Le métal utilisé, la dimension des brins, la taille des grains font que les différences peuvent être nettes entre divers câbles de connexion. Si c'est un alliage, celui-ci peut évoluer au cours du temps. Sous l'effet du passage du courant électrique, des impuretés peuvent se déplacer par électromigration et se placer en surface ou dans les joints de grain. Une accumulation d'impuretés peut finir par créer des zones où les caractéristiques électriques sont différentes. Des effets résistifs et capacitifs peuvent apparaître et ainsi créer des distorsions dans les signaux, par exemple en produisant des déphasages.

### 5.3. Les comportements électroniques

Les circuits intégrés et transis-

tors de tous types sont encore plus soumis aux lois de la diffusion qui font que les différentes zones du composant interdiffusent les uns dans les autres avec une cinétique d'autant plus grande que la température est plus élevée. Les composants électroniques actifs sont montés dans des boîtiers scellés qui servent de protection contre les agressions des gaz ambiants tels l'oxygène et la vapeur d'eau. Cependant au cours du temps, et surtout à cause de l'élévation de la température, des fissures peuvent se créer et des réactions chimiques indésirées se produire.

Il ne faut pas croire que les tubes à vide sont complètement immunisés contre de tels phénomènes car, dans ce cas, l'effet de température est primordial. Les éléments constitutifs du tube sont dans un vide statique médiocre et les gaz résiduels activés par la température réagissent avec les filaments pour en changer les propriétés émissives. Les molécules de gaz résiduel sont ionisées par les électrons émis

par la cathode et la bombardent. Des atomes du filament sont pulvérisés et se redéposent un peu partout, en particulier sur les isolants, ce qui les rend conducteurs. Les fuites électriques ainsi produites changent les caractéristiques de ces composants actifs.

## Conclusion

Nous venons de faire une brève description des principes de base décrivant les matériaux aux points de vue structurels et thermodynamiques. Nous avons vu que pour certains éléments de la chaîne audio, les caractéristiques désirées étaient pointues et difficiles à conserver au cours du temps. Dans la deuxième partie, nous examinerons en détail les différents éléments et nous verrons sous le double angle audio et matériau ce qui fait leurs qualités et leurs défauts. Enfin nous donnerons quelques règles générales pour conserver et améliorer la qualité de sa chaîne au cours du temps.

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**



**Juin 1989**

# LES MUSES D'OR

## au casque Sony MDR-R10



*Gérard Chrétien*

*Les biotechnologies apportent leur contribution à la reproduction sonore et quelle contribution ! L'écoute du casque Sony MDR-R10 — dont la membrane est « tissée » par des microorganismes — est réellement enthousiasmante !*

*Elle met en évidence, de manière flagrante, les progrès encore possibles en matière de transducteur dans un domaine où trop souvent l'on se targue d'atteindre la perfection.*

*Nul doute, la révolution des matériaux que nous vivons en cette fin de siècle aura des retombées surprenantes en audio.*

*Le MDR-R10 en apporte déjà une magistrale démonstration. Par la mise en application d'une nouvelle technologie et sa maîtrise, corrélées par des performances subjectives hors pair, le casque MDR-R10 mérite pleinement notre distinction des Muses d'Or.*

En 79, Sony lançait le MDR-3, un casque de 40 g et allait très vite devenir le leader des casques ultra-légers pour Walkman — 100 millions de casque MDR ont été vendus depuis. Pour fêter le 10<sup>e</sup> anniversaire de la série MDR, Sony lance aujourd'hui le MDR-R10. Casque symbole, dans lequel la firme a voulu mettre en œuvre toutes les connaissances acquises à ce jour dans le domaine des casques stéréo.

Le projet remonte à quatre ans, lorsque Kozo Ohson, qui dirige le groupe audio, lança ce défi à ses ingénieurs : « Peu importe ce que cela nous coûtera, vous allez mettre au point un casque en utilisant les meilleurs matériaux existants pour obtenir un son authentique. »

Au-delà du simple challenge technologique, Sony entend bien par là prouver qu'il n'est pas qu'un « fabricant de casques pour Walkman », aussi bon soient-ils, mais un réel leader dans le domaine des casques, du grand public aux professionnels en passant par l'industrie...

Le choix des matériaux a été la donnée essentielle autour de laquelle s'est articulé le projet ambitieux du R10. Le monde des matériaux connaît depuis quelques décennies une fantastique évolution. Aucun domaine, aucun progrès technologique n'échappe désormais à la révolution des matériaux. La hiérarchie des valeurs éclatent littéralement. Les progrès des civilisations n'ont-ils été ponctués par la maîtrise de l'homme sur la matière, l'âge de la pierre, l'âge du bronze... Pourtant force est de constater que ces repères n'existent plus, les matériaux de synthèse, de « vulgaires » plastiques, dament le pion aux métaux sur leur terrain de prédilection...

Pour le R10, tous les matériaux retenus pour la partie transducteur sont essentiellement des matières organiques. Outre l'aspect « noble », il y a bien d'autres raisons : des rai-

sons d'ordre qualitative, de performances au plan acoustique. Les qualités de restitution ne peuvent que valider le bien-fondé de ces choix à défaut de les expliquer avec rigueur. Bien malheureusement, la restitution sonore, avec la multitude de paramètres qui la régissent, n'est pas encore la science exacte dont beaucoup rêvent... Toujours est-il que Sony démontre là une maîtrise exemplaire, à notre sens jamais rencontrée jusqu'à ce jour sur un transducteur. Examinons à présent plus en détail les choix retenus.

résolument nouvelles à des secteurs aussi divers que l'agro-alimentaire, la défense, la chimie... les ordinateurs (neuro-naux !), les composants et très certainement l'audio.

Meilleure preuve : la membrane développée par Sony en collaboration avec l'Institut de Recherche des Polymères et des Textiles japonais et Ajinomoto Corporation (firme investie dans l'agro-alimentaire), est une application directe des biotechnologies. Une bactérie, l'Acetobacter aceti, d'une taille de l'ordre de 2  $\mu\text{m}$ , sécrète après



*Les matériaux retenus pour la réalisation des éléments transducteurs du MDR-R10 sont d'origine végétale ou organique : la biocellulose développée par des micro-organismes, la peau d'agnelet pour les coussinets d'oreilles, le zelcova, bois très recherché au Japon... Le serre-tête fait appel aux nouveaux matériaux, fibre de carbone et alliage à mémoire de forme nickel-titane.*

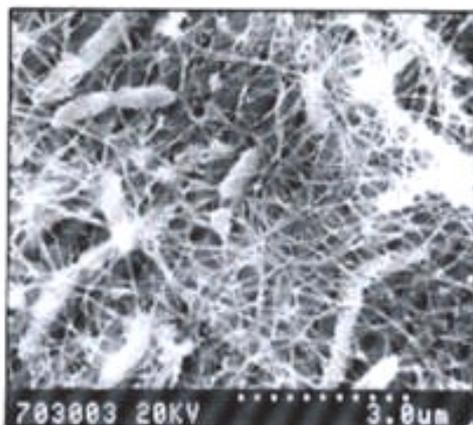
## Membrane en biocellulose

La maîtrise du vivant, au travers des biotechnologies, participe pour une large part à la mutation des techniques. L'interpénétration des domaines où se mêlent biologie, électronique, informatique, génie génétique... apportera des solutions

ingestion de saccharides une fibre très fine de 0,2 à 0,4  $\mu\text{m}$  de diamètre dénommée « biocellulose ». La cellulose ( $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ ) est un polymère du glucose, c'est une matière de consistance ferme très répandue dans la nature (bois, coton...) que l'on retrouve dans la pulpe de papier des membranes de haut-parleurs. A noter également que la chitine (utilisée

récemment par certains fabricants pour le traitement des surfaces de membranes) a également une structure semblable à celle de la cellulose — c'est le constituant de la carapace des crustacés et des insectes — et ses caractéristiques rigidité-masse sont remarquables.

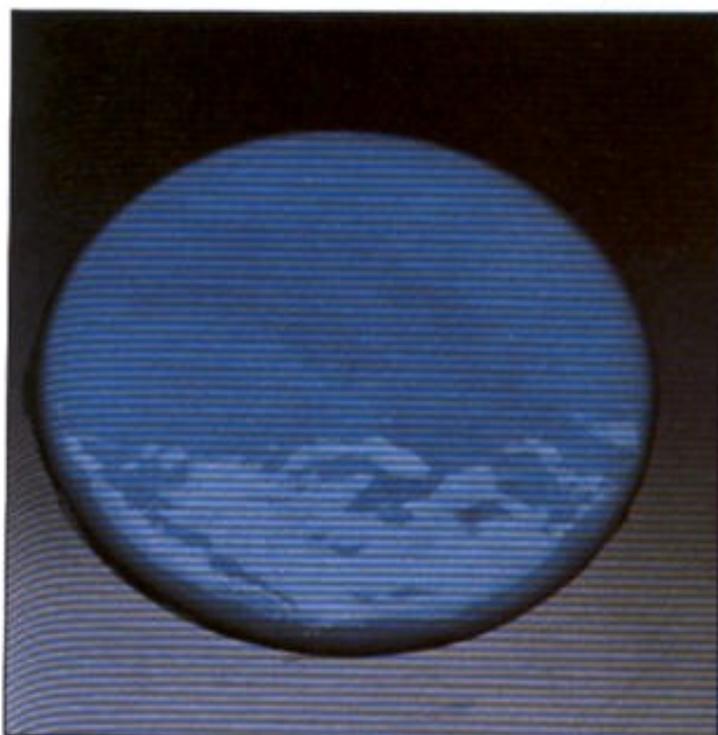
Il est d'ailleurs très intéressant de noter à ce niveau que dans les informations techniques communiquées par Sony, il est fait maintes fois référence au papier en tant que matériau de prédilection pour une membrane en termes de naturel de restitution.



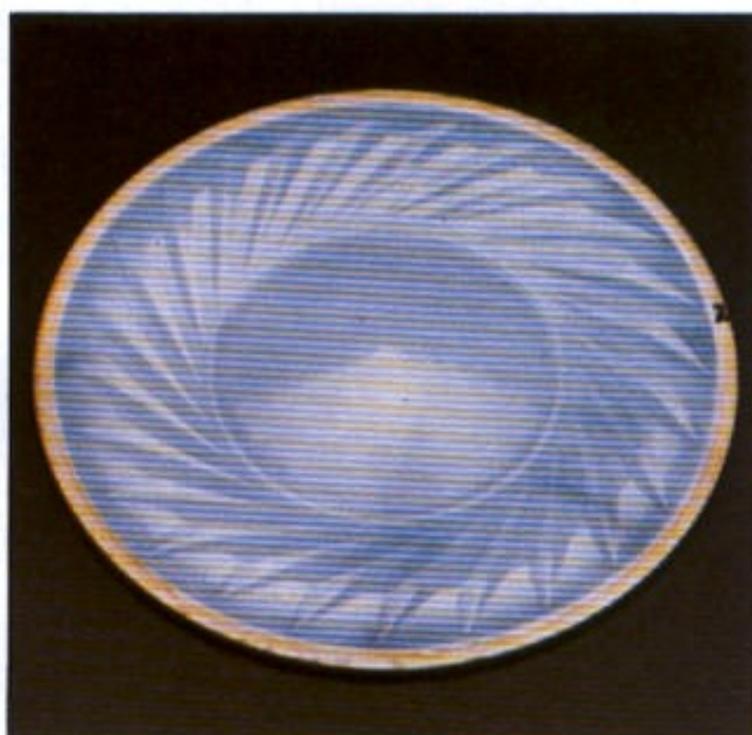
*Fig. 1b : Vue en microscopie électronique de l'acétobacter-acéti. Elle sécrète une fibre très fine d'environ 0,2  $\mu$ m, dénommée biocellulose, par ingestion de saccharides.*

obtenue est de 10 fois supérieure à celle rencontrée dans une membrane conventionnelle en papier et la vitesse de propagation interne est identique à celle du titane. Les remarquables qualités acoustiques de cette membrane en termes de naturel et de neutralité « ne pouvaient être obtenues jusqu'alors qu'avec le papier », selon les ingénieurs de Sony...

Au toucher, cette membrane révèle effectivement des performances inhabituelles. Outre l'extrême légèreté, ce qui surprend, c'est que frottée doucement du doigt, cette membrane



*Fig. 1a : Issue des bio-technologies la réalisation de la membrane est assurée par une bactérie, l'acétobacter-acéti. La « culture » nécessite environ deux jours pour obtenir un « gel » de 2 mm d'épaisseur, tel que celui que l'on voit sur cette photo.*



*Fig. 2 : La membrane en biocellulose obtenue après déshydratation et pressage. Son épaisseur est de 20  $\mu$ m. Elle est maintenue sur sa périphérie par une couronne métallique très rigide.*

Alors que, depuis quelques années déjà, la plupart de fabricants argumentent sur les performances des matériaux composites ou synthétiques !

La culture de la biocellulose requiert environ deux jours pour obtenir un « tissu » de 2 mm d'épaisseur (figure 1). Celui-ci est ensuite déshydraté puis pressé en feuilles de 20  $\mu$ m dans un

moule et cela sous vibrations afin d'éviter la formation de bulles à l'intérieur de la membrane. Celle-ci après moulage se présente sous forme d'un dôme central de 25 mm de diamètre avec une suspension périphérique dont la forme est désormais classique pour les membranes de casque. Le diamètre total est de 50 mm (figure 2). La rigidité

émet un crissement haut en fréquence significatif d'une rigidité extrême et d'une capacité de transmission à l'air surprenante. Aucun matériau de membrane ne nous avait à ce jour donné une telle impression. Nul doute qu'il s'agit là d'un progrès marquant.

Examinée au microscope, la structure de la membrane pressée

se révèle très légèrement poreuse. La maille aléatoire du tissage bactérien n'est certainement pas étrangère à l'absence de coloration propre de la membrane ; alors que la maille rencontrée sur des membranes métalliques ou synthétiques est parfaitement organisée et donc sujette à des modes de résonances propres plus marqués.

La bobine constituée de deux enroulements superposés sans support semble relativement conventionnelle, de même que l'aimant central au samarium-cobalt. Ce sont des techniques désormais classiques dans le domaine des casques.

La membrane est recouverte sur l'avant par une plaque perforée épousant sa forme, s'apparentant à une pièce de phase de chambre de compression. Outre un rôle de protection évident — la membrane compte tenu de sa finesse est très fragile — cette pièce permet de modeler la réponse. L'arrière de la cellule reçoit également une pièce perforée recouverte d'un tissu ayant pour rôle de linéariser parfaitement la courbe d'impédance. Cette technique, désormais classique elle aussi, est parfaitement

maîtrisée par les ingénieurs de Sony ; lesquels sont à même d'adapter à volonté la courbe de réponse d'un casque en fonction de l'équilibre subjectif recherché. De par son émission directe dans le conduit auditif, la réponse d'une cellule de casque doit intégrer les caractéristiques de propagation propres au pavillon de l'oreille principalement dans le haut du spectre, car le pavillon intervient très peu dans le cas de l'écoute au casque. Aussi la notion de « linéarité » de réponse d'un casque ne peut-elle en aucun cas se réduire à une courbe amplitude-fréquence en pression plate comme celle que l'on recherche dans le cas d'une enceinte acoustique.

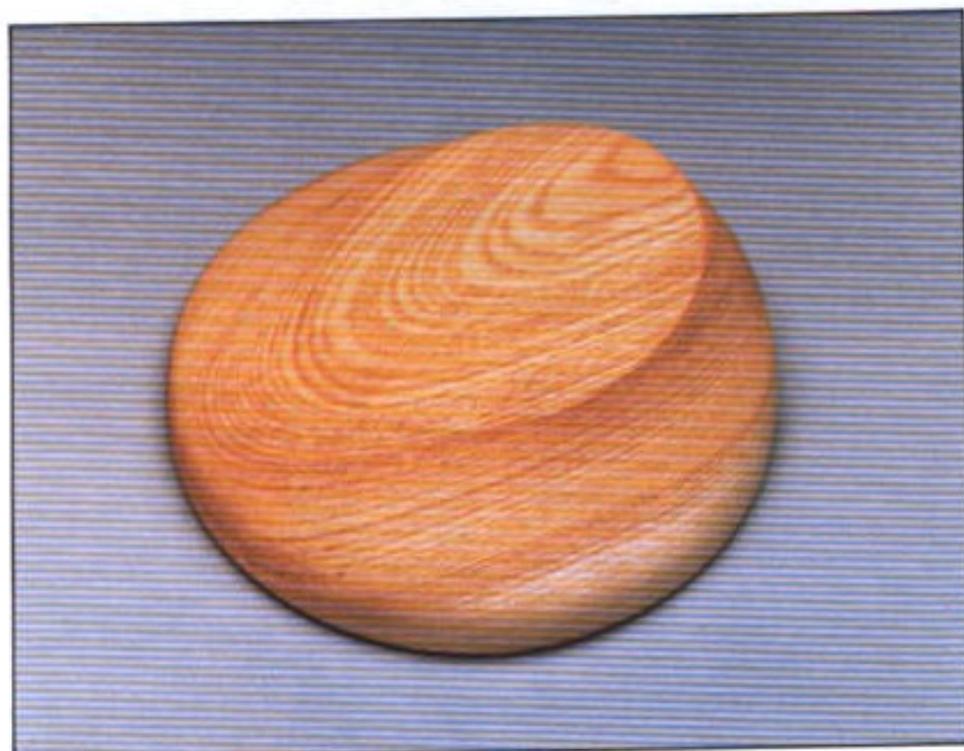
### Le boîtier d'écouteur

Disposer d'une membrane hors pair est une chose, encore faut-il que la charge qui lui est associée soit à la hauteur des exigences. C'est un point extrêmement critique des casques. Habituellement, ce sont des cavités en métal ou en plastique qui sont utilisées. Toutefois les caractéristiques acoustiques affectent inéluctablement le rendu sonore. Pour le R10, Sony a travaillé lors

de la définition de la charge sur trois critères différents : le volume, la forme et le matériau. Pour le matériau, c'est un bois qui a finalement été retenu, celui du zelkova, arbre séculaire pouvant atteindre 40 m de hauteur et un âge de 1 000 ans que l'on trouve au centre et au nord du Japon. Le zelkova produit d'un bois d'aubier (la périphérie) blanc jaunâtre et un duramen (le cœur) rouge-brun à la fois léger et dur, avec d'excellentes caractéristiques de propagation sonore (le zelkova est utilisé pour la réalisation des tambours japonais traditionnels "Wadaiko"). De veinage très régulier, des arbres de plus de 200 ans sont utilisés pour cela, les coques des boîtiers sont usinées par fraisage dans la masse du duramen (bloc de 300 cm<sup>3</sup>).

La forme très complexe découle d'une conception assistée par ordinateur tridimensionnelle (système CAO Sony Fresdam) afin d'obtenir un volume à résonance minimale. L'intérieur de la coque n'est pas lisse mais très légèrement ondulée afin de parfaire la dispersion des ondes sonores à l'intérieur de la cavité. Ces raffinements de

*Fig. 3 : La forme très particulière du boîtier en zelcova découle d'une conception assistée par ordinateur afin d'obtenir un volume à résonance minimale. Les ondulations que l'on remarque à l'intérieur du boîtier ont pour rôle de disperser l'onde interne. La couronne circulaire recevant la membrane est également en bois de zelcova massif.*



conception se trouvent très vite validés en plaçant une coque vide sur l'oreille : « on n'entend pas la mer... », comme cela est le cas avec toute cavité et qui traduit les résonances propres sur lesquelles la cavité se trouve accordée. Cela signifie que dans le cas du R10, les résonances de la coque sont très amorties et réparties sur un spectre de fréquences très larges afin d'éviter toutes toniques sur une partie du spectre.

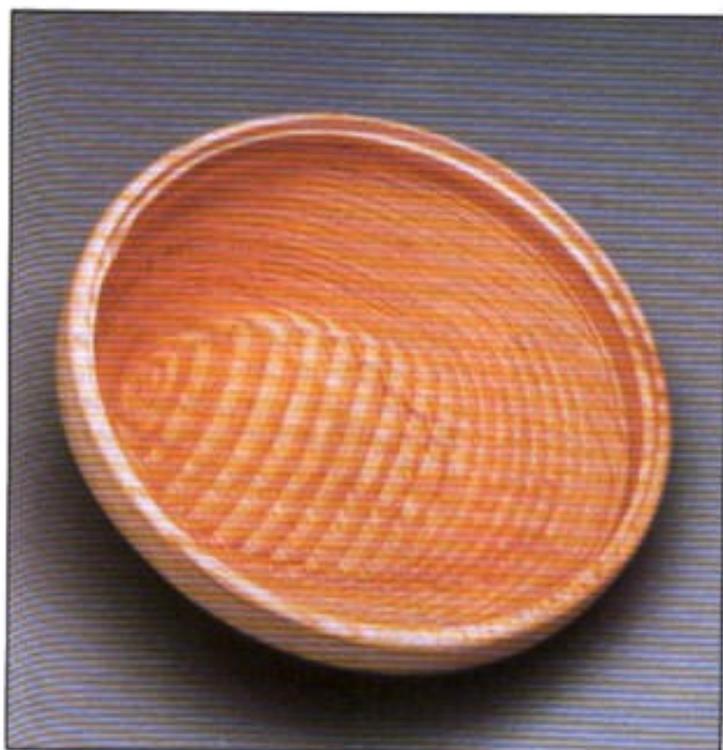
Une couronne circulaire, en zelvova également, superbement usinée vient recevoir la cellule afin de la positionner de manière très précise vis-à-vis du conduit auditif. La membrane est parallèle au méplat observé sur la face externe du boîtier. Cette couronne est percée de 39 trous de décompression de la cavité interne débouchant sur le coussinet d'oreilles. De la soie est utilisée pour parfaire l'absorption interne ; constatation surprenante, placé sur les oreilles, le casque atténue les bruits ambiants de manière étonnamment linéaire en fonction de la fréquence sans chute marquée dans le haut du spectre. Habituellement, avec un casque clos,

les sons ambiants aigus sont très fortement atténués par rapport au reste du spectre. Avec le R10, rien de tel, cela est à mettre en relation avec les caractéristiques propres au bois utilisé et à la forme retenue pour le boîtier dont les performances de propagation s'avèrent d'une remarquable homogénéité en fonction de la fréquence.

### Les coussinets d'oreilles

Le rôle du pavillon de l'oreille est essentiel dans la localisation des sources sonores. Il fait partie intégrante du système auditif. Aussi, toute pression sur le pavillon et, par voie de conséquence, toute déformation affecte inéluctablement l'équilibre du message perçu. C'est un problème important posé par la quasi totalité des casques à l'exception de certains électrostatiques pour lesquels il n'y a pas de contact avec le pavillon. Toutefois, pour assurer de bonnes performances dans le bas du spectre, il est important de couvrir l'oreille avec la meilleure étanchéité possible. Pour résoudre ce dilemme, pression minimale sur le pavillon-étanchéité,

Sony s'est attaché à trouver les matériaux qui assureraient cette double exigence tant au niveau des coussinets que du serre-tête qui, comme nous le verrons, fait appel à un principe très original. Ainsi la pression appliquée grâce à ce dernier est extrêmement douce et constante quelle que soit la taille de la tête de l'individu. Pour l'étanchéité, les coussinets très moelleux adoptent une ouverture centrale ovale de sorte à entourer le pavillon sans le déformer, l'appui se faisant sur la région temporale. Pour le R10, c'est une peau d'agnelet grec qui a été retenue pour recouvrir les coussinets. Cette peau très fine, résistante est très souple. Elle participe au confort extrême. Critère essentiel pour un casque, voire indissociable de la qualité d'écoute tant il est évident au niveau perceptif global, tout désagrément ou gêne physique dû au port du casque altère l'acuité auditive. Il y a une interdépendance de nos divers sens à l'échelle cérébrale. Détail significatif du soin apporté au confort, une peau entière est utilisée pour la réalisation d'un casque, seules sont employées les parties où la peau est la plus belle.



## Le serre-tête

Le serre-tête a un rôle important. Outre le maintien, il doit assurer une pression convenable des coussinets sur la tête de sorte à ce que le volume acoustique entre la cellule et l'oreille proprement dite soit parfaitement respecté et corresponde aussi précisément que possible à celui ayant été défini lors de la mise au point finale de la cellule transductrice (en audiologie les casques ne possèdent-ils pas un système de réglage de ce volume afin de se placer dans des conditions rigoureuses ?). Cela avec les exigences de confort mentionnées précédemment.

Pour se faire, Sony a retenu sur le R10 un mécanisme d'« auto-positionnement » venant doser l'élasticité du serre-tête de manière à s'adapter idéalement à la taille de la tête de l'auditeur.

Les nouveaux matériaux sont là aussi mis à profit. Ainsi, pour le serre-tête principal il est fait appel à la fibre de carbone. Ce composé, par rapport à l'acier inoxydable habituellement utilisé pour cet usage, a l'avantage de la légèreté. La densité du carbone composite n'est que de 1,62 pour 7,8 pour l'acier inoxydable. Mais il a aussi l'avantage de l'élasticité avec un module spécifique d'élasticité de 9 contre 2,5 pour l'acier inox. De plus, la fibre de carbone est supérieure en termes d'amortissement des vibrations, ce qui est intéressant en matière de diaphonie entre les deux canaux d'une part et vis-à-vis des bruits ambiants d'autre part.

Un bandeau transversal vient prendre appui sur la tête. Celui-ci est relié à un ressort placé à l'intérieur du serre-tête en arc de cercle. Ce ressort qui travaille en extension n'est pas un simple ressort en acier. Il est réalisé dans un alliage nickel-titane, lequel alliage offre la caractéristique d'être à « mémoire de forme ». Nous touchons là aussi aux nou-



Fig. 4 : Le serre-tête fait appel aux nouveaux matériaux composites : de la fibre de carbone. Son avantage est de concilier légèreté, élasticité et solidité.

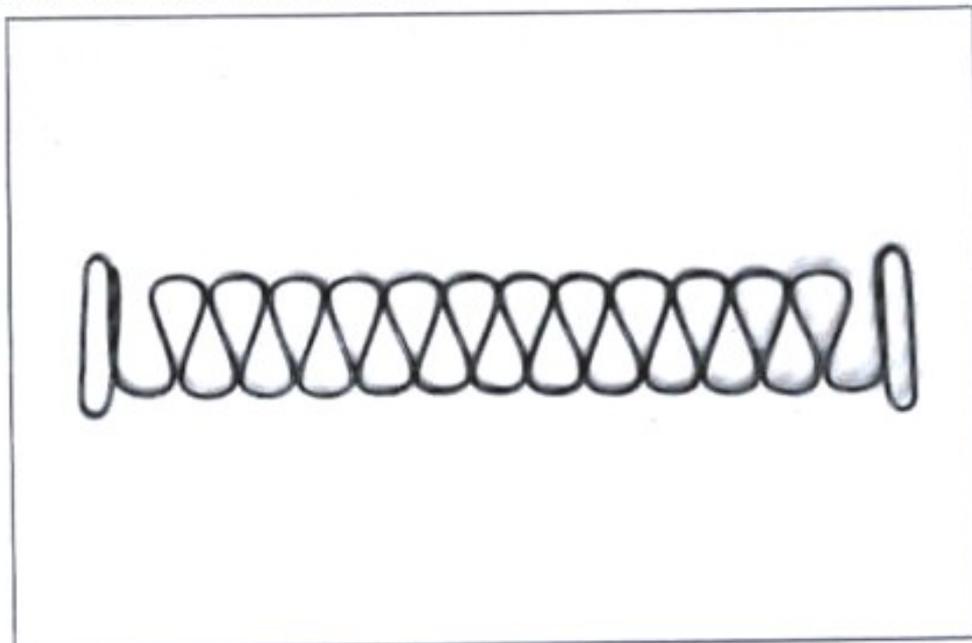


Fig. 5 : Le ressort utilisé dans le dispositif d'« auto-positionnement » est réalisé dans un alliage nickel-titane. Cet alliage fait partie des matériaux à mémoire de forme dont l'effet superélastique confère une pression constante des coussinets sur la zone temporale, cela quelles que soient les dimensions de la tête de l'auditeur.

veaux matériaux et une petite parenthèse s'impose. Découvert à la fin des années 30, l'effet de mémoire de forme a été aussitôt classé au rayon des curiosités de la matière faute d'applications immédiates. Il a fallu attendre 1962 pour qu'un chercheur américain W. Buehler du Naval Ordnance Laboratory ne « ressorte » l'idée en remarquant l'importance du phénomène sur

du nitinol, un alliage de titane et de nickel à proportions égales. L'une des premières applications de cet effet fut développée pour la NASA : l'antenne d'un satellite roulée en boule au lancement se déployait dans l'espace après avoir été réchauffée par un courant électrique la traversant.

Hormis quelques cas bien spécifiques tels que celui-ci, les exemples de mise en application

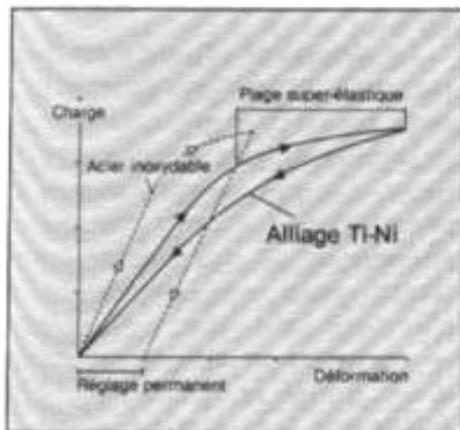


Fig. 6 : Courbe contrainte-déformation mettant en évidence l'effet superélastique de l'alliage à mémoire de forme nickel-titane. Dans la plage de superélasticité, la déformation peut varier dans une large proportion, cela avec une contrainte qui reste pratiquement constante.

de cet étonnant phénomène sont encore rares. Si l'effet de mémoire de forme est le plus spectaculaire, lequel est lié à une variation de température (1), il existe d'autres effets associés tels que l'effet caoutchoutique et la superélasticité. C'est cette dernière caractéristique de l'alliage nickel-titane qui est utilisée dans le système d'« auto-réglage » du R10. En quoi consiste la superélasticité ? Simplement, à partir d'un certain seuil, pour une contrainte donnée — une traction dans notre cas — la plage de déformation — d'extension — est près de dix fois supérieure à celle d'un alliage classique. Double avantage dans le cas du système retenu par Sony : la pression appliquée sur les coussinets reste parfaitement dosée et

(1) L'effet de mémoire de forme repose sur ce que l'on appelle une transformation martensitique réversible. Dans une plage de température donnée, il se produit un changement de phase, alors que l'alliage reste solide, on passe de l'austénite (phase stable à haute température) à la martensite (phase stable à basse température).

constante, même pour des écarts interauriculaires variant de plusieurs centimètres suivant les auditeurs d'une part, et d'autre part fiabilité à long terme puisque l'alliage retrouve sa forme d'origine même lorsque sa déformation dépasse les limites élastiques du matériau, lors d'une manipulation brutale par exemple.

A l'usage ce dispositif s'avère particulièrement efficace. Le casque se positionne parfaitement sur la tête et ne requiert pas d'ajustage pour se placer précisément en hauteur face à chacune des oreilles.

Le support reliant le serre-tête au boîtier est réalisé en magnésium dont l'avantage est de concilier solidité et légèreté. Le poids spécifique de ce métal n'est que de 1,74, il est de l'ordre de grandeur de celui d'un plastique. De plus, le magnésium présente d'excellentes qualités d'atténuation et d'absorption des vibrations. Il a, pour toutes ces raisons, très souvent été utilisé pour la réalisation de portecellules phonoelectriques de haute qualité, élément critique s'il en est au plan des vibrations.

Autre raffinement, les boîtiers en zalcova sont fixés sur les couronnes circulaires en magnésium par l'intermédiaire de petites suspensions amorties. Cela afin de découpler mécaniquement les éléments transducteurs et éviter ainsi l'entrée de vibrations parasites extérieures via le serre-tête ou le cordon, et aussi pour isoler acoustiquement les éléments transducteurs gauche et droit.

Le cordon utilisé pour la transmission de la modulation est constitué d'une âme en cuivre « 6 nine LC-OFC » (cuivre pur à 99,9999 % sans oxygène à cristaux linéaires). L'isolant est un silicone très souple. L'ensemble est revêtu d'un double tissu de soie pur. Ces choix confèrent aux manipulations un confort tout particulier. Enfin, la fiche réalisée en cuivre sans oxygène

Type : dynamique  
 HP : type à dôme de 50 mm de diamètre avec diaphragme en biocellulose  
 Impédance : 40  $\Omega$   
 Sensibilité : 100 dB/mW  
 Niveau d'entrée nominal : 100 mW  
 Niveau d'entrée maximal : 1 W  
 Réponse en fréquence : 20-20 000 Hz  
 Poids : 400 g

#### Caractéristiques techniques du MDR-R10.

est plaquée de rhodium, puis d'or, afin d'assurer une qualité de contact parfaitement stable dans le temps.

## L'écoute

### Christian Blérald

*En premier lieu, afin de ne pas créer la moindre ambiguïté, il faut d'emblée admettre qu'un casque ne doit en aucune façon être comparé à une paire d'enceintes ; l'écoute au casque étant paradoxalement à la fois plus précise et par là même plus impressionnante, les enceintes donnant lieu pour leur part à des écoutes beaucoup plus réalistes grâce à la pression acoustique ressentie physiquement sur tout le corps.*

*Il ne faut surtout pas oublier l'impression parfois désagréable dans certains cas d'une source sonore centrale focalisée au niveau du crâne ou du front.*

*Une fois cette indispensable mise au point effectuée, je peux dire que la découverte de ce casque fut pour moi une véritable révélation ; ce qui signifie qu'en fait l'occasion ne m'avait jamais été donnée auparavant de profiter d'un résultat sonore aussi bon... jamais !*

*J'en arrive presque à considérer qu'user de superlatifs à propos d'un élément reproduisant les sons de manière si parfaite serait de mauvais goût. Avec le*

MDR-R10, il n'y a plus de membrane, plus de cordons, plus d'électronique, plus de graves ou d'aigus, il y a juste l'impression d'une vérité sonore inouïe qui a fait tour à tour sourire chacun des auditeurs.

Inimaginable, il faut l'écouter pour réaliser à quel point la supériorité du casque est écrasante sur tout autre reproducteur électroacoustique, mais attention le retour sur terre s'avère douloureux.

Réservé aux épicuriens fortunés...

### Gérard Chrétien

Ma première réaction à l'écoute du MDR-R10, à partir d'un CD, fut une réaction de surprise, surprise qu'il y ait autant d'informations dans un CD. Des disques bien connus se révèlent sous un éclairage nouveau. Cependant cette première impression de pouvoir de définition hors pair du R10 s'efface très rapidement. L'écoute purement musicale prend très vite le pas sur l'écoute analytique tant le son est plein. La beauté et la richesse des timbres et l'impression de naturel et de fluidité incroyables font très vite oublier qu'il s'agit d'une restitution. L'émotion, la sensualité de la musique en direct sont là. On ne pose plus de question, on ne dis-sèque plus le spectre en tranche, l'écoute est globale. Personnellement, il y a de nombreuses années qu'un maillon haute-fidélité ne m'avait procuré un tel plaisir.

Souhaitant comprendre, je me suis forcé de revenir à une écoute analytique. Certes, la vivacité des attaques, le relief et le contraste du message ainsi que sa précision, la linéarité dynamique, la finesse extrême de l'aigu sont saisissants. Mais cela ne suffit pas à expliquer complètement cette impression de plénitude, d'aisance.

Le retour à l'écoute d'enceintes à très haute résolution s'avère terriblement frustrante. Des

enceintes, en l'occurrence qui dament le pion à la quasi-totalité de la production internationale deviennent ternes, fades...

Bien sûr, il y a des distorsions d'ordre spatial inhérentes aux casques, que les inconditionnels de l'image pourront critiquer. Mais, pour moi, un point est certain : il y a des timbres, des types et des variétés de sons que je n'avais jamais perçus ainsi dans aucune restitution avec quelque maillon que ce soit. Indéniablement, il s'agit là d'un progrès marquant en matière de transduction.

### Vincent Cousin

Ma première rencontre avec le « King » MDR-R10 remonte à cette soirée donnée dans les salons du Pré Catelan à laquelle assistait une bonne centaine de journalistes venus pour la circonstance de l'Europe entière. A l'issue d'une conférence au cours de laquelle nous étaiement inculqués quelques savants principes visant à nous faire apprécier ce que nous allions entendre plus tard, vint précisément le temps de l'écoute.

Quelques casques étaient livrés à la sagacité de nos oreilles expertes et ce n'est qu'au prix d'une longue attente que je réussis à m'approcher de l'objet de ce culte étrange, comme un communiant s'approche de la sainte table pour y recevoir un sacrement. Je coiffai l'objet comme on coiffe une tiare, avec cérémonie. C'est alors que je compris combien le cadre de cette présentation correspondait exactement à l'image du produit. Tout dans ce que je ressentais et entendais n'était que luxe, calme et volupté. A l'écoute de ces 400 grammes de bois précieux, de cuir à la sensualité troublante et de métaux rares enchâssant les divins transducteurs, je voyais défiler dans ma tête tout un art de vivre à la japonaise évoquant les fastes de la cour des premiers empereurs nippons. Le choc était bien réel, émotionnel et déme-

suré.

La deuxième écoute s'est faite sur mon propre système et j'ai ainsi pu vérifier que mes sens ne m'abusaient pas encore totalement. Ce que j'avais entendu la première fois n'avait rien d'une chimère et je dus mettre longtemps pour me réhabituer à l'écoute de mes éléments — enceintes et casque — après avoir quitté le MDR-R10. S'il fallait que je le qualifie, je dirais que tout se passe comme si l'on ôtait un intermédiaire — plutôt un voile — entre la source et l'oreille. Une dépense pas si folle qu'il y paraît pour tout audiophile épris de perfection sonore et une référence absolue.

### Jean Hiraga

Avec sa configuration close, l'aspect massif de ses coques en bois, le Sony MDR-R10 aurait pu faire penser à une écoute peu confortable ou bien à une restitution tronquée dans le grave. C'est en fait tout le contraire. Ce casque est, malgré son apparence, d'une grande légèreté. Son confort d'écoute est exceptionnel pour ce qui concerne le serrage ou le contact des coussinets en cuir avec les oreilles. Trop souvent, beaucoup trop souvent, les matériels de haut de gamme sont mis en valeur par des publicités faisant valoir des qualités sonores surestimées. Aussi est-il normal de se méfier des casques qui annoncent une bande passante linéaire comprise entre 5 Hz et 50 kHz ou bien encore une qualité d'écoute « inégalée ».

Jamais un produit n'a semblé mériter autant d'être couronné de « Muses d'or » que ce casque Sony MDR-R10. Ce n'est pas seulement une réussite totale sur les critères de balance tonale ou de linéarité de réponse en fréquence. Ce casque représente également, non pas un grand pas, mais un très grand pas en avant dans le domaine de la transcription sonore à haute définition. Les bons casques et

mêmes les très bons ne sont pas inexistantes, ils tendent même à devenir de plus en plus nombreux. Le MDR-R10, lui, est à classer très au-dessus de ses concurrents. C'est la très haute définition même qui nous fait redécouvrir tous les enregistrements que l'on croyait connaître dans leurs plus petits détails. Du même coup, on peut se rendre compte des capacités, jusqu'ici mal révélées, offertes par l'enregistrement numérique. Quel déception que d'être obligé de se rendre compte de l'infériorité des enceintes, quel que soit leur principe, sur le critère de définition. Quel plaisir que de pouvoir entendre enfin de vraies voix, de vrais violons, de vrais applaudissements, de la musique avec autant de sensibilité, de chaleur et de finesse. Que reprocher à ce casque, sinon qu'en devenant un maillon à part entière (et non un accessoire de luxe) au même titre que des enceintes de très haut de gamme, il nous enferme dans un monde intimiste, tridimensionnel, non influencé par l'acoustique du local, mais dans lequel la perception de la direction et de la distance des sources frontales reste très vague. Si le vrai procédé binaural appliqué correctement est satisfaisant pour la perception de la distance et de la direction dans l'hémisphère dorsal, l'écoute au casque butera jusqu'à nouvel ordre sur celui de l'acuité de perception dans l'hémisphère frontal.

En tant que casque, le Sony MDR-R10 est le plus cher. Sa valeur est par contre inestimable sur le plan de la qualité d'écoute. Tous les mordus de la très haute définition, de la musique, au plein sens du terme, devraient le posséder. En investissant 10 000 F dans un lecteur CD, la meilleure chaîne du monde ne vaut que 40 000 F. Le problème n'est pas le prix mais de savoir que trop peu de casques seront produits par rapport aux demandes. C'est bien dommage !

### Patrick Vercher

On peut vraiment parler d'événement, voire de « révolution sonore », avec ce casque, mis au point par les ingénieurs de Sony qui se sont vraiment surpassés. Le MDR-R10, avec ses transducteurs à diaphragme en biocellulose, vient de donner un sacré « coup de vieux » aux autres transducteurs électrodynamiques classiques et électrostatiques. Il faudrait sortir le dictionnaire des superlatifs pour rendre compte avec précision de la qualité d'écoute qu'apporte ce casque. Cependant, avant de rentrer plus avant dans l'écoute critique, il faut absolument faire une différenciation entre l'esthétique sonore procurée par un casque et celle d'une enceinte acoustique. En effet, les enceintes sont tributaires de la pièce, et l'on perçoit les sons directs provenant des transducteurs, mais aussi un nombre incroyable d'informations par réflexion. Aussi, la perception de l'espace sonore est totalement différente de celle que l'on peut avoir à partir d'un casque. Au casque, la source vous suit en permanence, et en déplaçant la tête, vous déplacez aussi toute l'image stéréo. Donc en ce domaine il ne peut y avoir de comparaison possible sur le plan géométrique de la formation de l'image sonore dans le cerveau, qui peut varier d'un individu à l'autre.

Ce préambule ne retire en rien les qualités « magiques » du MDR-R10 qui offre une transcription sonore si proche de la réalité point de vue timbres et dynamique que l'on peut se poser de sérieuses questions sur la qualité des autres casques et haut-parleurs que nous avons pu écouter jusqu'à ce jour. Les microbactéries ont vraiment tissé un diaphragme qui n'a aucune sonorité qui lui est propre. Sur les voix masculines ou féminines, on a l'impression d'être branché en direct avec le micro (dont on peut

reconnaître d'ailleurs la signature sonore sur certains enregistrements). La texture des timbres est d'une richesse incroyable et la véracité atteint les plus hauts sommets, par une absence totale et même « déroutante » de toute coloration parasite de membrane ou de charge des transducteurs. La dynamique époustouflante de ce casque n'est pas prise au détriment de l'équilibre tonal, aucune remontée dans l'aigu n'est à craindre mais au contraire toutes les fréquences au-delà de 5 kHz ont une fluidité et une matière extraordinaires. Nous n'aimons pas beaucoup la qualité du grave avec la plupart des casques. Or, le MDR-R10 reproduit avec naturel et sans effort le timbre exact d'une contrebasse ou d'un violoncelle, l'impact d'un coup de grosse caisse, sans impression de compression au niveau du tympan. Pas d'affaiblissement dans les octaves les plus basses, pas de tremblotements de la membrane, pas de sonorités de cavité d'oreillette manquant d'étanchéité. Bien sûr on n'écoute pas à longueur de temps des disques de bruits divers. Cependant, ils mettent instantanément en relief les défauts d'un transducteur car la complexité et le mélange incroyable d'informations en font des tests redoutables. Sur les bruits de mer déferlant sur la plage, nous n'avons jamais été aussi proche de « l'élément liquide » sans aucune coloration parasite et avec un nombre de détails que l'on ne soupçonnait pas auparavant, et qui nous confirme que quoi que l'on puisse dire, les plus gros problèmes se situent au niveau des haut-parleurs.

On ne peut que rêver d'un système de haut-parleurs n'atteignant, soyons indulgents, que le dixième des qualités musicales des transducteurs équipant le MDR-R10. L'un des plus grands chocs auditifs et émotionnel que nous ayons ressenti depuis bien des années.

**Page non  
disponible**

THEORIES

# AMPLIFICATION : UN NOUVEAU CONCEPT

## P

*eut-on encore innover en amplification audio ?*

*Il est permis d'en douter : la lecture de la presse spécialisée dans le monde est désespérante et le succès confirmé des électroniques à tubes (une technologie depuis longtemps abandonnée dans tous les domaines sauf la puissance à très haute fréquence) témoigne de l'impuissance des concepteurs en audio à transistors*

*à dominer le sujet et consacre la déroute d'une métrologie traditionnelle incapable de guider ces concepteurs vers la perfection qu'elle ne sait pas définir.*

*Nos réflexions et nos expérimentations, dont nous vous entretenons régulièrement semblent nous conduire*

*à un nouveau concept d'amplification qui met l'accent sur les phénomènes transitoires et sur la stabilité des points de polarisation.*

*En attendant une confirmation métrologique et théorique de cette approche, il était tentant de la mettre en pratique et de nous enquérir de l'avis de nos oreilles.*

C'est une étape importante dans nos études que nous abordons aujourd'hui : la confrontation des théories que nous avons développées dans ces colonnes avec la réalité matérielle et subjective d'un premier amplificateur. Nous aurions pu attendre l'aboutissement de nos recherches qui visent à étendre le champ de la métrologie traditionnelle mais les premiers résultats obtenus sont difficiles à interpréter et nous avons décidé de revoir complètement la conception de notre montage expé-

mental de manière à pouvoir contrôler plus de paramètres. En attendant les résultats objectifs que nous espérons de ces recherches, un peu lassé de la stérilité apparente de nos réflexions, nous nous sommes résolu à tester leurs validité sur le plan subjectif sans l'aide d'une métrologie plus crédible ; au contraire, ce sera notre premier amplificateur et ses résultats subjectifs qui pourront peut-être servir d'illustration à l'importance des comportements transitoires que nous voulons analyser dans ces nou-

velles mesures.

Pour cet amplificateur, nous avons procédé en deux temps : tout d'abord, nous avons réalisé une maquette avec une seule voie d'amplification pour mettre au point le schéma définitif. La seconde étape consistera à réaliser un amplificateur complet avec deux voies qui sera soumis à des tests subjectifs poussés. Notre exposé est aussi divisé en deux parties : aujourd'hui, après avoir bien précisé les principes retenus dans la conception de cet amplificateur, nous développerons deux points particulier — le rôle des alimentations et l'influence de l'offset — et nous rappellerons les conditions particulières de notre maquette ; ensuite pour chaque étage, nous analyserons les particularités, nous détaillerons sa conception et nous verrons les résultats de mesures. La prochaine fois, nous verrons les effets des deux boucles de contre-réaction et les performances globales obtenues, tant sur le plan de la métrologie actuelle que sur le plan subjectif.

## Principe de conception

Dans ce premier essai d'amplificateur, nous avons mis en application des idées que nous vous avons présentées, notamment dans « La distorsion dans l'amplificateur de puissance » (L'Audiophile n° 28), dans « La structure de l'amplificateur » (L'Audiophile n° 45, n° 2 nouvelle série) et dans « Le comportement dynamique de l'amplificateur » (L'Audiophile n° 47, n° 4 nouvelle série), mais il n'est pas inutile de les préciser :

### Premier principe

**Nous voulons des circuits les plus linéaires possibles** ; pour y parvenir nous avons recensé trois méthodes : la compensation, la correction avale et la contre-réaction. Sur le plan local, nous avons retenu l'usage de la contre-réaction à la suite d'expé-

rimentations subjectives puisque la métrologie n'est toujours pas capable de discerner tout ce qui est important ; ces expérimentations ont montré que la compensation pouvait également donner de très bons résultats.

Sur le plan général, seule la contre-réaction peut agir à condition d'être utilisée dans de bonnes conditions que nous pensons avoir réussi à cerner.

### Second principe

**Nous voulons des circuits apériodiques** ; comme ce n'est pas physiquement possible, nous nous contenterons d'un comportement apériodique pour les signaux à amplifier, c'est-à-dire dans la bande audio. Nous recherchons donc des coupures en boucle ouverte, c'est-à-dire avant l'application des contre-réactions, au-delà de la bande audio.

### Troisième principe

**Nous lutterons contre la distorsion thermique** qui a une double action pernicieuse : directement par déformation du signal traité par l'élément qui dérive thermiquement et indirectement par modification de la composante continue amplifiée et par la variation induite du point de polarisation d'un (ou de plusieurs) autre(s) composant(s) actif(s). Ces effets échappent à la métrologie traditionnelle, aussi, ce point doit-il être pris en compte avec une attention extrême lors de la conception.

### Quatrième principe

**Nous limiterons les effets des différentes alimentations** : non seulement, le signal de sortie de chaque étage ne devra pas se déformer en fonction des variations de la valeur des alimentations (polarisation indépendante des alimentations) mais le signal de sortie ne devra pas inclure une composante continue directement dépendante des alimenta-

tions. Comme nous nous interdisons les condensateurs de liaison (apériodicité oblige), cette discipline est assez contraignante.

### Cinquième principe

**Nous traiterons les problème d'offset** avec une très grande attention à tous les niveaux ; non pas pour éliminer une composante continue en sortie qui n'a guère d'importance mais parce que les tensions continues présentes à tous les niveaux de l'amplification fixent les points de polarisation des composants actifs et déterminent leurs non-linéarités. Nous serons particulièrement attentifs à l'influence de la contre-réaction et des dérives thermiques sur les tensions continues.

### Sixième principe

**Nous n'utiliserons que la classe A** pour éviter toute commutation et toute non-linéarité dont le taux de distorsion décroît avec le niveau. Comme nos études sur une classe A à haut rendement (que nous avons baptisée classe A quadratique) ne sont pas encore terminées (faute d'un amplificateur complet pour nos essais subjectifs), nous utiliserons en sortie une classe A linéaire classique avec ses avantages (théoriques, objectifs et subjectifs) et ses inconvénients bien connus : mauvais rendement, dissipation importante et complication de réalisation du dernier étage.

### Influence de l'alimentation

Ecrire ici que les alimentations sont en audio à l'origine de défauts réels, c'est vouloir enfoncer une porte que d'autres ont déjà entrouverte. Proposer un début d'explication qui débouche sur une méthode de conception préventive, c'est mieux. Les solutions correctives passent souvent par une thérapeutique bien connue, lourde de

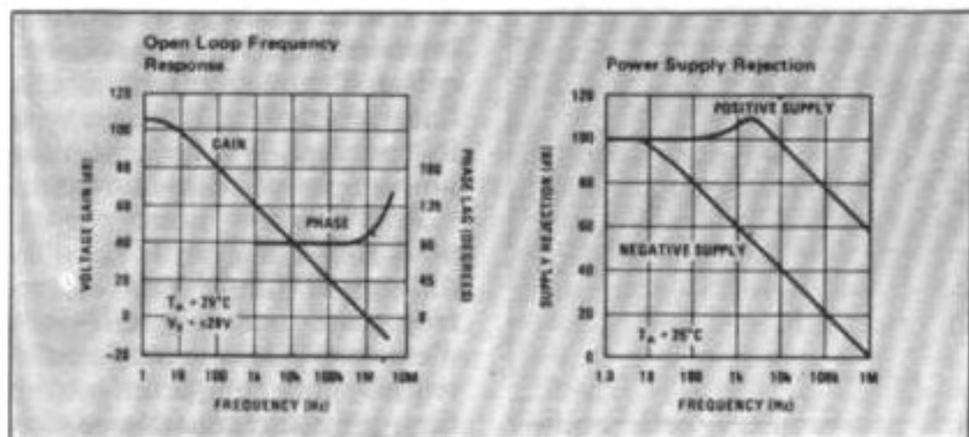


Fig. 1 : Exemple de couplage total entre l'alimentation négative et la sortie d'un amplificateur opérationnel.

nombreux millifarads.

L'analyse classique des problèmes d'alimentation est bien illustrée par les catalogues d'amplificateurs opérationnels : on y utilise la notion de taux de réjection des alimentations (PSRR = Power Supply Rejection Ratio en anglais) et les chiffres annoncés (plusieurs dizaines de dB) sont très sécurisants. J'estime qu'on est alors à la limite de l'escroquerie : en effet ce taux est défini par le rapport entre une variation d'alimentation et la variation d'offset qu'elle induit ; or l'offset est défini par l'erreur en sortie divisée par le gain. Comme le gain est très élevé, le couplage entre la sortie et au moins l'une des alimentations est souvent très élevé comme l'illustrent les courbes de la figure n° 1 extraites d'un catalogue de circuits intégrés.

Ce couplage important s'explique très bien par la structure interne des amplificateurs opérationnels : le dernier étage est souvent un amplificateur de courant de gain 1 attaqué par un étage driver qui vise la dynamique de sortie la plus étendue et dont la sortie est souvent référencée à l'une des alimentations. La réjection par rapport à cette alimentation est alors nulle même si le constructeur peut annoncer un chiffre extrêmement valorisant. On retrouve ce problème en audio dans les amplificateurs qui utilisent le

même type de schéma et dans les préamplificateurs qui utilisent des circuits intégrés.

Ce couplage pose deux types de problèmes : les signaux induits dans la bande audio (ronflette d'alimentation et signaux de l'autre voie ou des autres étages produits par la consommation et l'impédance interne de l'alimentation) et les dérives continues (c'est-à-dire en très basse fréquence) de la sortie. Le remède traditionnel à ces problèmes est bien connu, c'est une panacée appelée contre-réaction globale. Pour les signaux continus, nous pensons que le remède est souvent pire que le mal : pour éliminer une composante continue qui doit prendre une valeur déjà importante pour poser problème, on injecte un signal qui va moduler les points de polarisation des transistors des étages de tête et modifier leurs caractéristiques de linéarité.

On peut éviter cet effet en rejetant la contre-réaction globale (renoncer à l'usage d'un moyen mal maîtrisé n'est pas forcément déraisonnable), en limitant l'effet de la contre-réaction à la bande audio (c'est ce qui est fait pour d'autres raisons dans les amplificateurs à tubes, mais nous voulons éviter les sources de non-linéarités que représentent condensateurs et transformateurs) ou encore en contrôlant bien la polarisation des différents étages sans trop se soucier de la composante continue présente en sortie.

La figure n° 2 illustre ces problèmes d'alimentation ; dans le cas A, les variations de l'alimentation positive  $V_B$  se retrouvent directement dans la valeur de la tension de sortie. L'influence de la tension d'alimentation négative  $V_A$  dépend de l'attaque du circuit : si la tension d'entrée est définie par rapport à la masse, les variations s'ajoutent au signal d'entrée et se retrouvent donc en sortie amplifiée avec le gain de l'étage. Si elle est définie par rapport à la tension d'alimentation négative, les variations de celle-ci se retrouvent par effet Early en sortie, divisées potentiométriquement entre la résistance de charge et la résistance de sortie du transistor.

Dans le cas B, si le signal de sortie est défini par rapport à la masse ( $V_{out1}$ ), les variations de la tension d'alimentation se retrou-

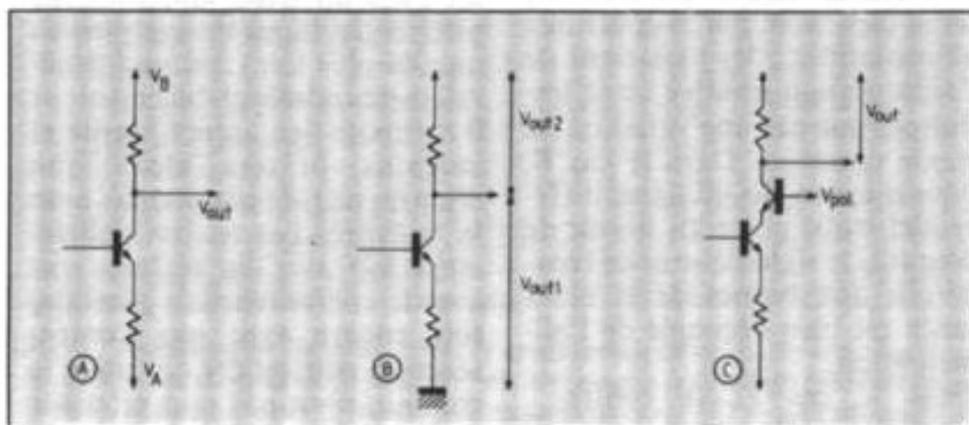


Fig. 2a : Effet des alimentations sur le signal de sortie

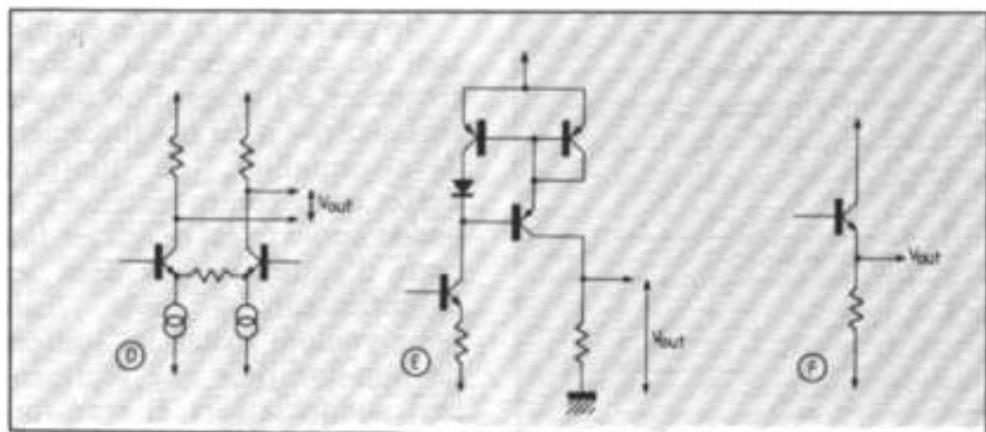


Fig. 2b : Effet des alimentations sur le signal de sortie (suite).

vent en sortie. Si le signal de sortie est référencé par rapport à l'alimentation ( $V_{out2}$ ), les variations de celle-ci ne sont couplées à la sortie que par effet Early. Dans le cas C, pour éliminer l'effet Early on utilise un montage cascode : un transistor monté en base commune intercalé en sortie.

Un bon remède à l'effet Early est l'usage systématique du montage cascode : comme ce montage permet en outre de limiter la distorsion thermique par réduction de la puissance dissipée dans le transistor de commande et qu'il a de bonnes performances de bande passante bien utiles pour appliquer des contre-réactions aperiodiques dans la bande audio, nous en faisons grand usage et dans la suite de cet exposé nous considérerons que les transistors n'ont pas d'effet Early puisque ces circuits le neutralisent.

Dans le cas D, le signal de sortie est un signal différentiel, donc bien isolé par rapport aux alimentations : les variations de l'alimentation positive ne se traduisent que par une variation du mode commun. Dans le cas E, nous n'avons pas un signal différentiel mais, grâce au miroir de courant, le signal que nous récupérons aux bornes de la résistance est bien découplé de l'alimentation.

Dans le cas F, la contre-réaction totale intrinsèque au montage collecteur commun

isole assez bien la sortie des variations de l'alimentation, le principal effet à craindre des variations de l'alimentation est une modification de la puissance dissipée avec ses conséquences sur la tension  $V_{BE}$  et donc sur la tension continue de sortie.

Bien sûr, notre action visant à réduire les effets des alimentations à ses limites (sans aller jusqu'à faire remarquer que l'absence d'alimentation devrait poser quelques problèmes à tout circuit), nous devons définir les valeurs extrêmes des alimentations pour lesquelles les circuits fonctionnent normalement et pour lesquelles la réjection est suffisante. Celle-ci, même limitée par des effets secondaires, sera un grand progrès par rapport aux circuits habituels qui sont conçus sans ces considérations.

## Maîtrise de l'offset

Il existe plusieurs causes d'offset dans un étage amplificateur différentiel (nous les analyserons un peu plus loin) qui sont généralement traitées globalement, or il existe un lien entre linéarité et certains offsets alors que d'autres ne sont pas corrélés avec la linéarité. Les traiter globalement soit avec un réglage, soit avec la contre-réaction générale, soit encore avec une contre-réaction particulière qui traite le continu, n'est pas sans effet sur la linéarité ; ces effets peuvent en outre être variables si des dérives

de l'offset ou du gain en continu interviennent. Nous appellerons offset d'entrée l'offset lié à la linéarité et offset de sortie celui indépendant de la linéarité (dans un contexte de boucle ouverte).

Pour illustrer notre propos, nous allons analyser le cas d'un différentiel simple puis contre-réactionné par une résistance d'émetteur. Dans le cas de différentiels plus complexes comme ceux que nous avons décrits dans notre étude de l'étage d'entrée, le problème et sa solution restent les mêmes.

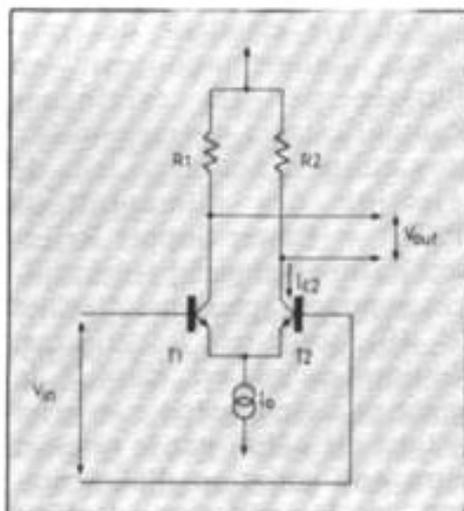


Fig. 3 : Etage différentiel simple.

Dans le schéma de la figure n° 3, chaque transistor présente un courant collecteur répondant à la loi :

$$I_c = I_s (e^{\frac{QV_{BE}}{kT}} - 1)$$

Si les transistors sont identiques ( $I_{s1} = I_{s2}$ ), la fonction de transfert du circuit différentiel est :

$$I_{out} = \frac{I_0}{1 + e^{\frac{Q \times V_{in}}{kT}}} = F(V_{in})$$

Si les transistors sont différents ( $I_{s1} \neq I_{s2}$ ), on obtient en posant

$$V_{off} = \frac{kT}{Q} \log \frac{I_{s1}}{I_{s2}}$$

la fonction de transfert :

$$I_1 = \frac{I_0}{1 + e^{\frac{Q(V_{in} - V_{off})}{kT}}} = F(V_{in} - V_{off}).$$

Si le signal de sortie est recueilli en sortie en différentiel sur deux résistances, la fonction de transfert globale devient :

$$V_{out} = (R_1 + R_2) \left( \frac{I_0}{1 + e^{Q(V_{in} - V_{off})}} - \frac{I_0}{2} \right) + \frac{I_0}{2}(R_1 - R_2)$$

Toutes ces fonctions de transfert sont représentées sur la figure n° 4. On y voit que la différence entre les transistors (qui représente l'offset d'entrée) déplace horizontalement la fonction de transfert globale alors que la différence entre les résistances de sortie (volontairement importante pour rendre le dessin plus clair) la déplace verticalement (offset de sortie).

Lorsqu'on applique une contre-réaction sur ce circuit (voir la figure n° 5), celle-ci réduit le gain et l'offset : si le circuit n'a aucun offset, le point de fonctionnement pour une tension d'entrée continue nulle sera

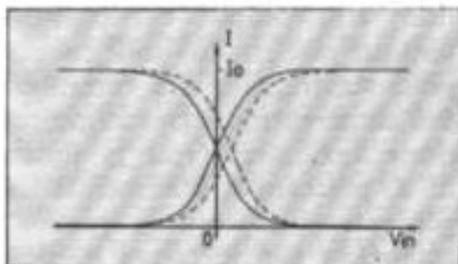


Fig. 4a : Courants de sortie : traits continus sans offset, traits discontinus avec offset d'entrée.

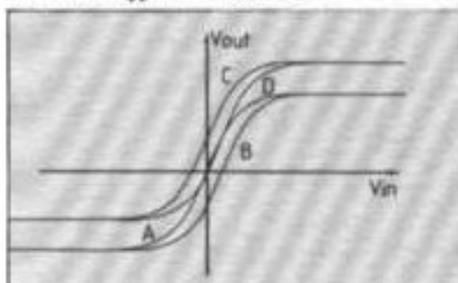


Fig. 4b : Tension de sortie : A sans offset, B avec offset d'entrée, C avec offset de sortie, D avec offset d'entrée et de sortie.

Fig. 4 : Fonctions du transfert d'un circuit différentiel.

le point d'inversion (0) où la distorsion est minimum. Si le circuit n'a qu'un offset d'entrée, la contre-réaction ramènera le point de fonctionnement au voisinage du point d'inversion. Si le circuit n'a qu'un offset de sortie, la contre-réaction éloignera le point d'inversion pour réduire la composante continue de sortie. Enfin si le circuit présente à la fois un offset d'entrée et un offset de sortie, le comportement sera une combinaison des deux cas et pourra être favorable ou défavorable du point de vue de la linéarité. C'est pourquoi la recherche d'une linéarité maximale passe par un contrôle séparé des offsets de sortie et d'entrée de tous les étages d'un amplificateur.

Nous reviendrons sur l'optimisation des boucles de contre-réaction de notre amplificateur, mais nous pouvons illustrer notre propos par l'analyse des problèmes d'offset d'un étage isolé et des solutions que nous avons adoptées. Nous allons rai-

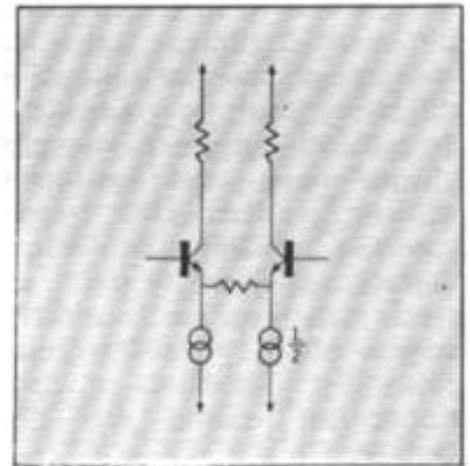


Fig. 6 : Etage différentiel contre-réactionné.

sonner sur le schéma de la figure n° 6, c'est un exemple représentatif de presque tous les schémas de circuits différentiels que nous avons analysés.

Quelles sont les causes d'offset d'entrée ? La première cause est la différence entre les deux transistors, leurs surfaces de jonction base-émetteur sont inégales et leurs fonctions de transfert correspondent à des courants différents. Ensuite une différence entre les valeurs des générateurs de courant peut induire un désé-

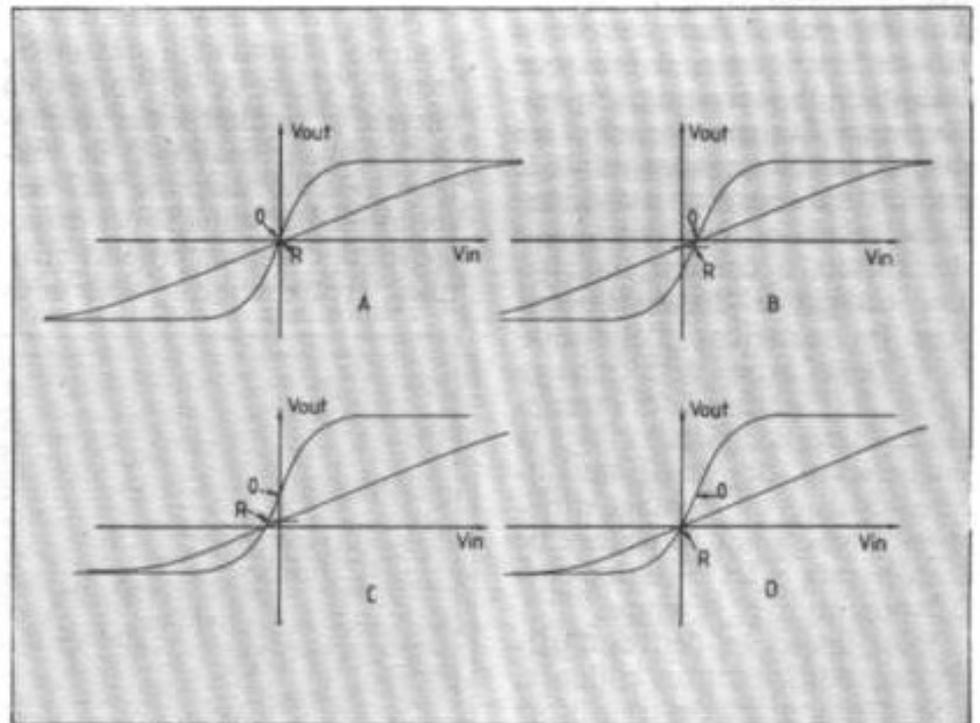


Fig. 5 : Fonctions de transfert avant et après action de la contre-réaction dans les quatre cas d'offset de la figure n° 4b. On notera le décalage éventuel entre le point d'inversion (0) et le point de fonctionnement (R) et on appréciera le désastre du cas (D) pour lequel l'offset de sortie compense (!) l'offset d'entrée.

équilibre dans le différentiel. Une différence à l'entrée (entre les courants de base par suite de  $\beta$  différents pour les transistors, ou entre les impédances vues par chaque base) peut également générer un offset. Une tension continue présente en entrée déplace également le point de repos mais n'est pas considérée comme offset ; il faudra toutefois veiller à l'éliminer en fonctionnement comme lors des réglages.

Les causes d'offset de sortie sont moins nombreuses : nous avons déjà vu le déséquilibre entre les résistances de charge dans le cas d'une sortie différentielle. Il faut ajouter les erreurs sur la compensation du courant de repos dans le cas d'une sortie non-différentielle. L'offset apporté par les étages suivants dans le cas d'un étage tête d'une boucle de contre-réaction doit être considéré comme un offset de sortie.

Le contrôle de l'offset pour optimiser la linéarité passe par deux techniques : la limitation des variations et la correction. En effet, pour qu'une correction puisse fonctionner, il faut que l'objet de la correction soit stable ou que la correction suive ses évolutions. Nous avons refusé le confort illusoire d'un asservissement, cela nous contraint à avoir des offsets à corriger, stables. Les causes de dérive d'offset sont les variations d'alimentations (nous avons déjà traité ce sujet), les variations des caractéristiques des composants liés à la température, des variations différentes dans un montage différentiel dues à une différence de température et les évolutions des composants avec le temps.

Pour limiter les dérives d'offset dues aux transistors critiques, nous avons retenu des transistors différentiels de très bonne qualité et utilisé le montage cascade. Pour limiter les dérives d'offset dues aux résistances, nous avons utilisé des résistances de bonne

qualité avec un faible coefficient de température, mais nous ne sommes pas allés jusqu'à utiliser des résistances à très haute stabilité.

La correction d'offset d'un étage est faite en deux temps : en premier, l'offset d'entrée est compensé en agissant sur l'un des générateurs de courant ; on amplifie un signal alternatif sans composante continue et on recherche le point d'inversion de la fonction de transfert grâce à un distorsiomètre. Ensuite la correction de l'offset de sortie peut se faire en agissant sur une des causes possibles d'offset en sortie (résistance de charge, source de courant ou tension de référence) ; le signal d'entrée étant une tension nulle, on recherche en sortie la bonne tension. Tous ces réglages sont assez longs et fastidieux mais leurs effets, comme nous le verrons plus loin, se voient déjà avec la métrologie traditionnelle.

## Conception générale de l'amplificateur

Nous avons retenu la classe A pour des raisons déjà présentées, mais la classe A est vorace en énergie et conduit à des montages dissipant beaucoup de chaleur, cela ne simplifie pas nos problèmes de stabilité des caractéristiques des composants critiques. Heureusement, nous nous

sommes limités à une puissance de sortie raisonnable :

$$V_{\text{out max.}} = \pm 30 \text{ V}$$

$$I_{\text{out max.}} = \pm 5 \text{ A}$$

Cela nous est possible puisque les tests subjectifs se feront avec des systèmes à haut rendement. Nous n'avons pas prévu de système de protection spécifique à l'exception d'un fusible en sortie, à l'intérieur de la boucle de contre-réaction.

Pour la maquette, nous n'avons pas utilisé de composants passifs particuliers dans le sens audiophile. Pour le prototype destiné aux essais subjectifs, notre politique est différente mais nous traiterons ce sujet plus tard.

L'alimentation principale est très simple, son schéma est donné en figure n° 7 ; la puissance est fournie par une double alimentation filtrée de manière très modérée qui fournit à vide  $\pm 53 \text{ V}$  et qui n'alimente que le dernier étage. Les autres étages sont alimentés par des alimentations stabilisées à base de circuits intégrés de puissance. Cette solution, très simple, est possible puisque nos circuits sont conçus pour s'affranchir des variations des alimentations. Des alimentations auxiliaires (voir la figure n° 8) permettent d'alimenter les générateurs de courant qui sont accrochés sur les deux tensions régulées de l'alimentation princi-

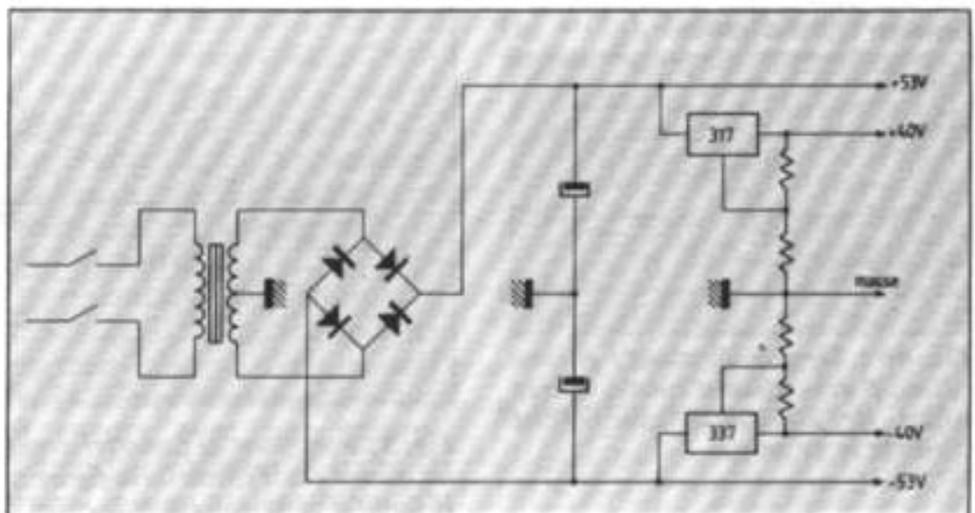


Fig. 7 : Schéma de l'alimentation principale pour les essais de la maquette.

pale.

Même si cette solution n'est pas la meilleure sur le plan énergétique, elle nous permet d'obtenir des sources de courant de grande stabilité pour polariser les différentiels des différents étages. Le schéma retenu pour ces sources de courant est donné en figure n° 9 ; il fait appel à un amplificateur opérationnel ayant de bonnes caractéristiques en continu (la technologie Bifet est devenue très abordable) et à un transistor Mosfet ; la tension de référence est fournie par un circuit intégré de précision qui fournit aussi la référence des sources de courant positive (voir la figure n° 10). Je n'aime pas utiliser des circuits intégrés en audio pour de très nombreuses raisons, mais quand il s'agit, comme ici, de traiter des signaux continus avec précision et stabilité, je veux bien croire à leur presque perfection.

La structure générale de l'amplificateur est donnée en figure n° 11. Nous vous avons déjà expliqué pourquoi cette structure permettait d'obtenir une contre-réaction très élevée pour les derniers étages. Nous n'avions pas expliqué que la boucle de contre-réaction qui associe l'étage de sortie et son étage driver permettait une bonne maîtrise de l'offset introduit par le dernier étage qui dissipe une certaine puissance ; cet

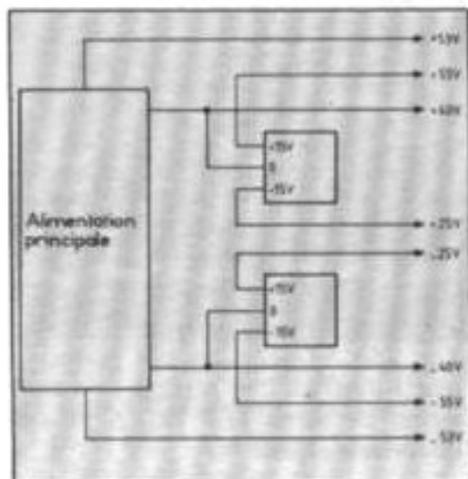


Fig. 8 : Branchement des alimentations auxiliaires.

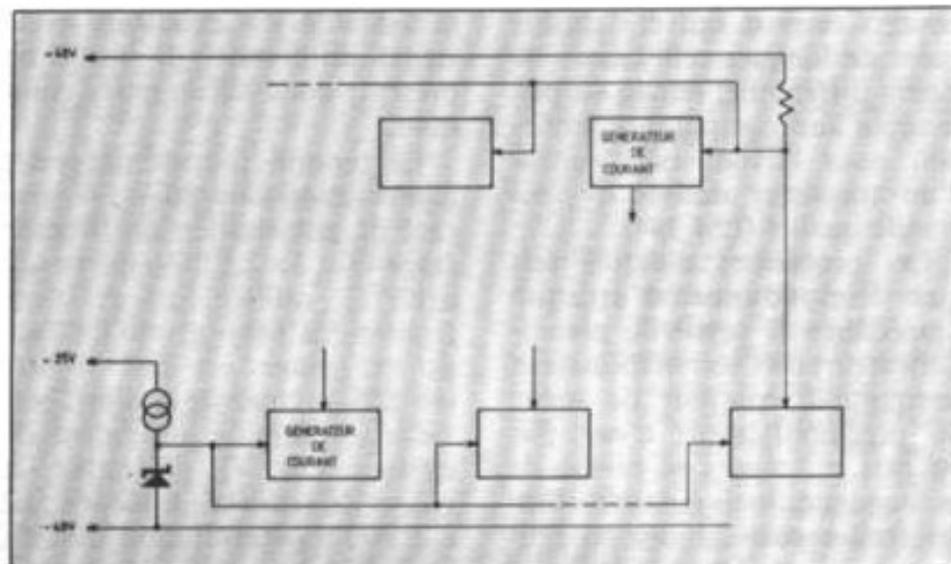


Fig. 10 : Utilisation de la même référence de tension pour les générateurs de courant positifs et négatifs.

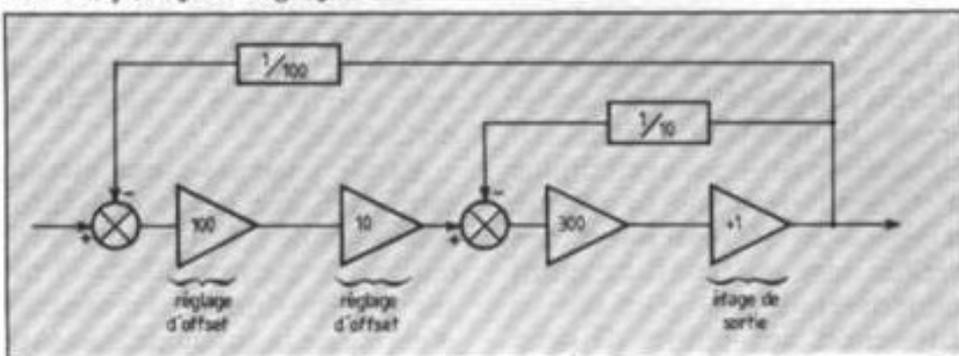


Fig. 11 : Structure générale de l'amplificateur.

offset qui dépend de la modulation des signaux amplifiés est pris en compte par la boucle de sortie et permet au premier étage qui est en tête de la boucle de contre-réaction globale et dont la distorsion échappe donc à cette contre-réaction, de ne pas avoir sa linéarité (si critique) modulée par les dérives thermiques de

l'étage de puissance.

Nous allons maintenant examiner chaque étage individuellement avec ses contraintes, avec les solutions retenues et avec les performances mesurées que nous avons obtenues sur notre maquette.

## Le premier étage

Cet étage est très critique pour la linéarité de l'amplificateur : la boucle de contre-réaction globale ne réduit pas les distorsions qui y sont générées. Toutefois elle réduit avec le gain des autres étages, l'amplitude des signaux traités et si le circuit utilisé présente une distorsion croissante avec le niveau (cas normal pour les circuits en classe A bien conçus), la distorsion produite par le premier étage est faible même si, en boucle ouverte, elle serait la même.

Nous avons donc pris un soin extrême pour cet étage, les com-

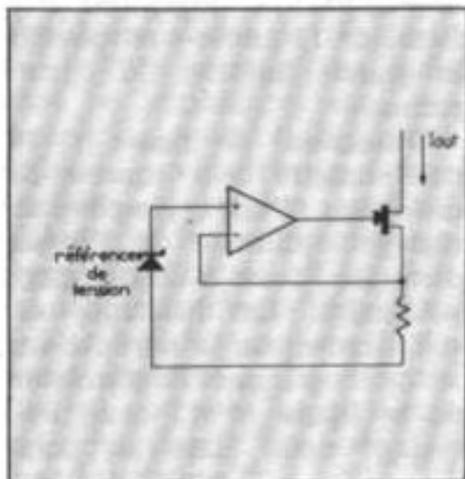


Fig. 9 : Générateur de courant utilisé.

posants retenus ont été choisis après de longues réflexions ; le circuit différentiel retenu est peu sensible aux composants, pourtant nous l'avons bâti autour d'un transistor double de très grande qualité (LM 394).

Les problèmes d'entrée tels que l'impédance d'attaque (impédance de sortie du préamplificateur) ou l'élimination de la composante continue de sortie du préamplificateur n'ont pas été pris en compte au niveau de la maquette, mais il faudra bien les traiter dans le cas du prototype, nous les examinerons plus tard, ils sont fortement dépendants des conditions d'utilisation lors des essais subjectifs.

La figure n° 12 montre le schéma utilisé : nous avons repris le montage différentiel Héphaïstos n° 4 qui avait donné d'excellents résultats de mesure et qui avait le plus plu à nos oreilles lors des confrontations subjectives. La sortie se fait en différentiel aux bornes de deux résistances raccrochées à une alimentation spécifique. Cette alimentation est réalisée à partir d'un circuit intégré monolithique. Cette concession à simplicité est rendue possible par la sortie différentielle ; en outre cette alimentation fournit un courant constant (le courant de polarisation du premier étage),

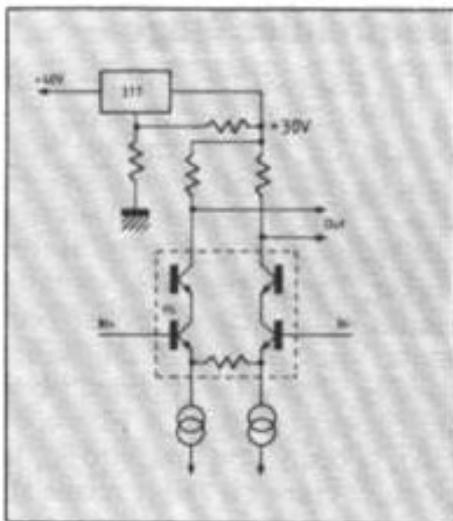


Fig. 12 : Schéma du 1<sup>er</sup> étage (le pointillé représente le circuit Héphaïstos n° 4).

sa stabilité est excellente et le signal différentiel de sortie ne présente donc aucun mode commun.

La tension fournie par cette alimentation vaut 30 V ; le courant de polarisation du premier étage vaut  $2 \times 2,5$  mA, valeur qui avait été utilisée lors des confrontations subjectives. Le gain de cet étage est fixé à 100 (40 dB), la chute de tension choisie aux bornes des résistances de charges (20 V) détermine la valeur de celles-ci : 8 k $\Omega$  (en fait 8,2 k $\Omega$ , standardisation oblige). La résistance d'émetteur doit être de valeur égale à 160  $\Omega$ .

Les résultats des mesures faites sur la maquette ont donné :

Gain : 34,4 dB sur chaque voie, soit  $34,4 + 6 = 40,4$  dB en différentiel.

Bande passante : une mesure faite avec une sonde d'oscilloscope a donné 1,4 MHz ; cela correspond à une capacité de 17 pF sur 8 k $\Omega$ . Comme la capacité d'entrée de la sonde utilisée vaut 10 pF, la coupure de sortie réelle correspond à 7 pF sur 8 k $\Omega$ , soit 2,7 MHz. Les autres coupures de cet étage (rappelons que c'est une capacité située en sortie de cet étage qui déterminera la coupure de bande de la boucle de contre-réaction globale) sont donc situées plus haut en fréquence et ne devraient pas gêner la stabilité de cette boucle.

Fonction de transfert : elle est donnée par l'oscillogramme de la figure n° 13 ; nous y retrouvons la grande linéarité du circuit retenu.

Distorsion : la figure n° 14 nous montre deux courbes de distorsion : l'une correspond au réglage optimum de l'offset d'entrée, l'autre à un dérèglement volontaire. La différence est significative, on la retrouve sur les oscillogrammes de distorsion de la figure n° 15 : un bon réglage nous place au point d'inversion et conduit à de l'harmonique 3, un mauvais réglage génère de l'harmonique 2.

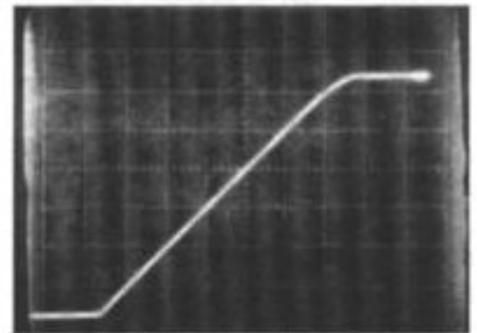


Fig. 13 : Fonction de transfert du premier étage (échelle verticale 5 V/div.).

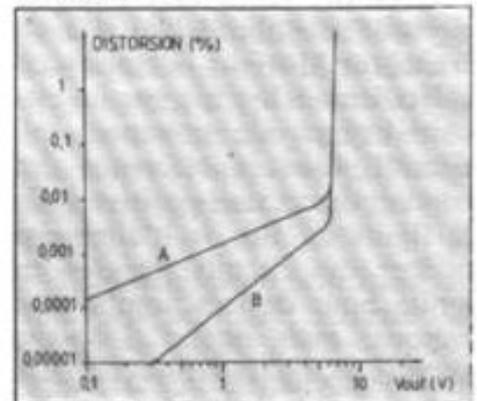


Fig. 14 : Distorsion du premier étage avec un mauvais réglage de l'offset d'entrée (courbe A) et avec un bon réglage (courbe B).

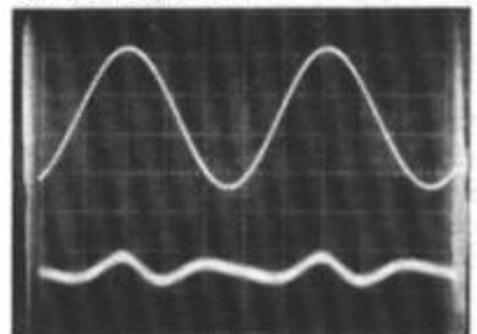


Fig. 15a : Distorsion par harmonique 2 avec un mauvais réglage : en haut signal de sortie (5,5 V eff.), en bas distorsion (0,01 %).

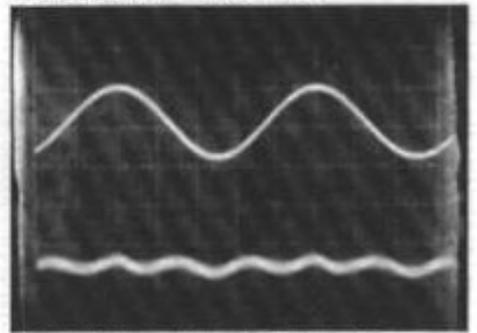


Fig. 15b : Distorsion par harmonique 3 avec un bon réglage : en haut signal de sortie (5,5 V eff.), en bas distorsion (0,003 %).

Fig. 15 : Distorsion du premier étage.

Les chiffres de gain de la figure n° 11 permettent de calculer le niveau en sortie du premier étage pour le niveau maximum en sortie : environ 20 V eff. ( $\pm 30$  V) ; il est 100 fois inférieur et vaut 0,2 V et correspond à une distorsion de 0,0000043 % ( $-147$  dB) qui me semble acceptable ; bien sûr cette valeur n'a pas été mesurée (les appareils de mesure utilisés n'ont pas cette sensibilité) mais extrapolée des propriétés mathématiques d'une distorsion par harmonique 3 produit par une fonction de transfert continuellement dérivable.

## Le second étage

C'est un étage d'interface entre le premier étage et l'étage driver de l'étage de sortie. Nous lui demandons simplement de translater les signaux audio avec un peu de gain et une bonne bande passante pour participer à la contre-réaction globale. Bien sûr, il devra générer peu de distorsion et peu d'offset. Comme l'étage driver est un étage avec une double attaque, le second étage est un étage double, comme le montre le schéma de la figure n° 16.

Il utilise aussi le circuit Héphaïstos n° 4 mais avec des composants moins pointus. La sortie se fait par un miroir de courant pour des raisons qui dépendent de l'étage suivant que nous verrons un peu plus loin. La résistance sur l'autre sortie du différentiel est un moyen de contrôle.

Le courant de polarisation vaut également  $2 \times 2,5$  mA. La résistance d'émetteur est fixée par la dynamique d'entrée ( $\pm 0,3$  V) qui doit produire en sortie le transfert de tout le courant vers l'une des deux sorties, soit une variation de courant de 2,5 mA, elle vaut donc 130  $\Omega$ . Il y a deux méthodes pour régler l'offset d'entrée (voir la figure n° 17). L'une utilise l'étage

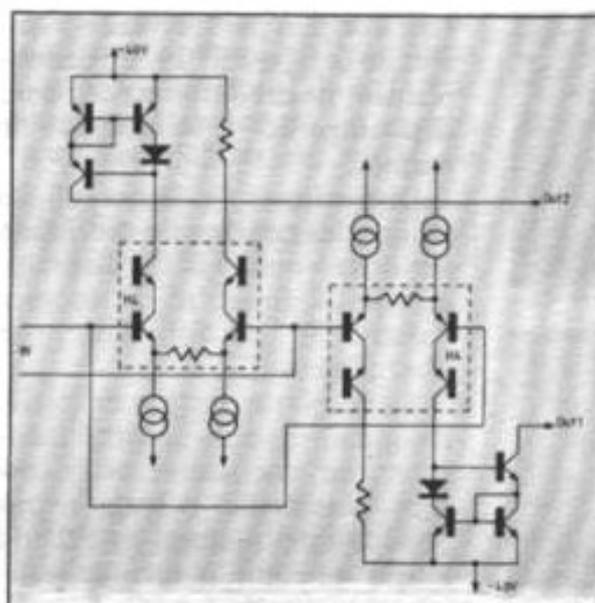
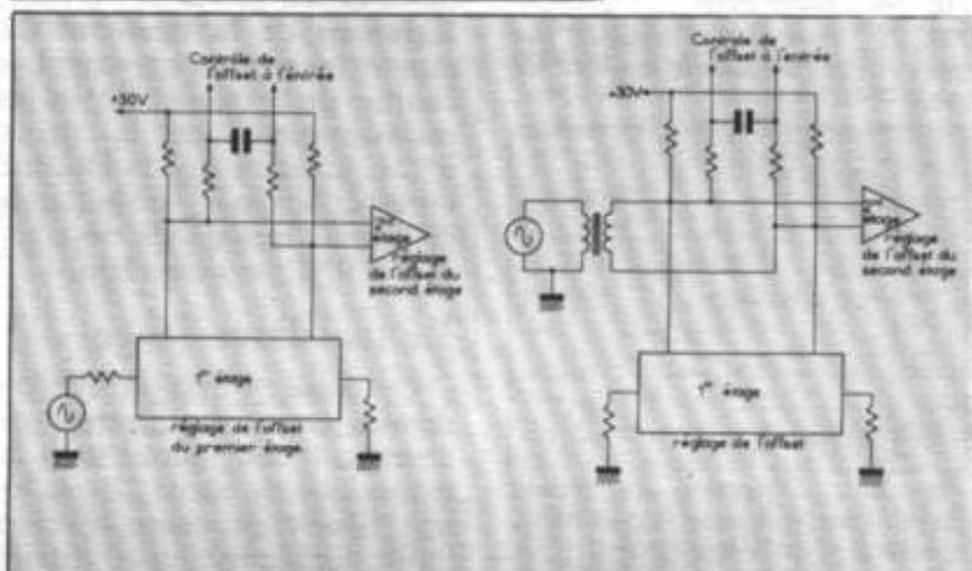


Fig. 16 : Schéma du second étage.

Fig. 17 : Les deux méthodes de réglage de l'offset d'entrée du second étage. On contrôle la tension continue à l'entrée, si nécessaire on l'annule en agissant sur l'offset du premier étage. Puis on recherche la distorsion minimale en réglant le second étage.



d'entrée mais est faussée par la distorsion de celui-ci, l'autre utilise un transformateur 600  $\Omega$ /600  $\Omega$ . La distorsion du modèle de chez Beyer que nous sommes procuré est très faible (voir la figure n° 18) mais son impédance interne est très élevée (5,8 k $\Omega$ ) et introduit un biais dans les impédances vues par l'entrée du second étage lors du réglage. Dans les deux cas, il faut contrôler la tension continue d'entrée et la rendre nulle en jouant sur l'entrée ou sur l'un des offsets du premier étage. Les deux méthodes conduisent au même réglage : les sources d'erreur que nous avons signalées pour chaque méthode ont donc le même effet : probablement négligeable ; comme cet étage est moins critique que le

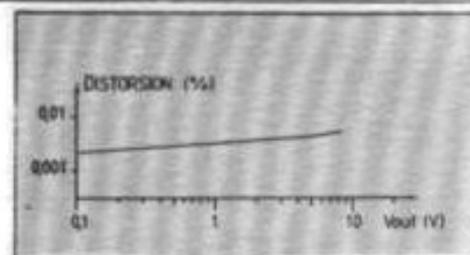


Fig. 18 : Distorsion engendrée par le transformateur 600  $\Omega$ /600  $\Omega$  chargé par une impédance élevée  $> 50$  k $\Omega$ .

premier et que la distorsion qu'il engendre est divisée par un facteur de 100 dans la boucle de contre-réaction globale, le risque me semble acceptable. Les résultats des mesures faites sur la maquette sont les suivants (mesurés sur la résistance de contrôle de 1,3 k $\Omega$ ) :

Bande passante : supérieure à 10 MHz.

Fonction de transfert : elles

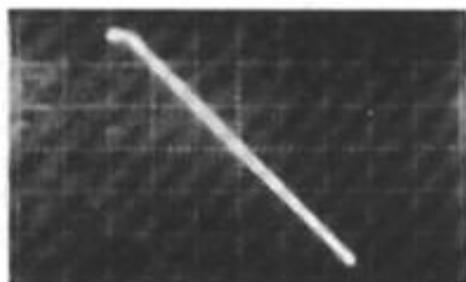


Fig. 19a : Etage NPN.

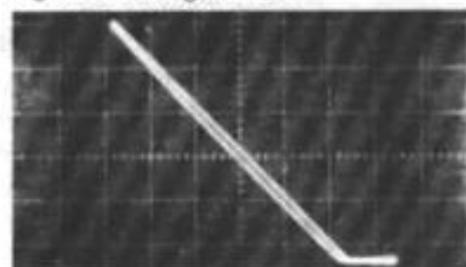


Fig. 19b : Etage PNP.

Fig. 19 : Fonction de transfert des deux circuits du second étage (1 V/div.).

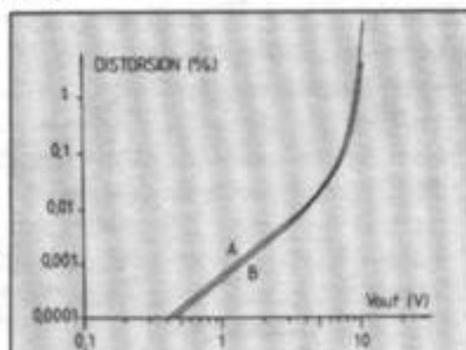


Fig. 20 : Distorsion du second étage : courbe A pour l'étage NPN, courbe B pour l'étage PNP.

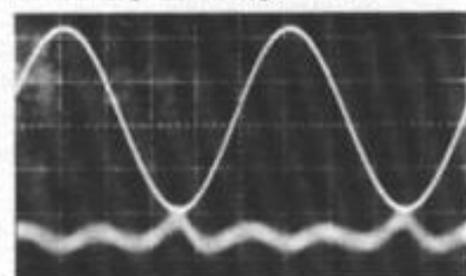


Fig. 21a : Etage NPN : en haut signal de sortie (2 V eff), en bas distorsion (0,010 %).

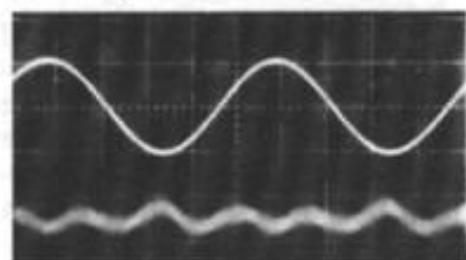


Fig. 21b : Etage PNP : en haut signal de sortie (2 V eff), en bas distorsion (0,012 %).

Fig. 21 : Distorsion du second étage.

sont données par les oscillogrammes de la figure n° 19. Le dédoublement de la courbe est dû à un déphasage lié à la méthode de mesure.

Distorsion : la figure n° 20 montre les courbes de distorsion des deux voies. Les oscillogrammes de la figure n° 21 montre l'allure de la distorsion : de l'harmonique 3.

Le miroir de courant de sortie, malgré une bonne linéarité théorique, est une source de distorsion potentielle ; nous avons donc fait des mesures au-delà du miroir de courant sur une résistance de test de 6,2 k $\Omega$ . L'oscillogramme de la figure n° 22 montre les signaux obtenus. Les courbes de la figure n° 23 et les oscillogrammes de la figure n° 24 montrent que la linéarité est assez bonne et que le miroir de courant réalisé avec des transistors PNP est moins bon.

### Le troisième étage

Cet étage est l'étage driver du dernier étage amplificateur de courant, il doit fournir toute la dynamique de sortie. Il réalise une boucle de contre-réaction locale dont le rôle est de réduire la distorsion et l'offset produits par l'étage de sortie. Pour éviter un couplage avec l'alimentation, nous avons retenu une solution bien connue : une attaque symétrique (voir la figure n° 25).

Mais la boucle de contre-réaction locale (voir la figure n° 26) introduit un couplage avec l'alimentation car la tension de sortie est asservie par rapport à une tension liée à l'alimentation. Une solution totalement différentielle avec miroir de courant (voir la figure n° 27) est séduisante et elle m'a beaucoup plu jusqu'au calcul du mode commun que voit dans ce cas le troisième étage : il est égal à la moitié du signal de sortie, cela complique beaucoup le circuit et réduit dramatiquement la dynamique de sortie. Nous avons

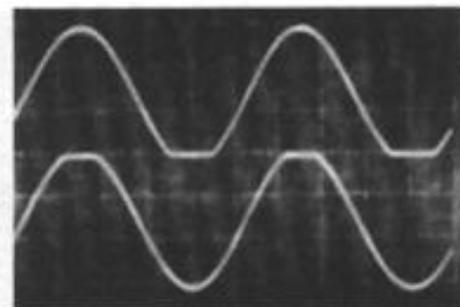


Fig. 22 : Signaux en phase de sortie des miroirs de courant (le milieu de l'échelle verticale correspond à 0 V pour les deux signaux).

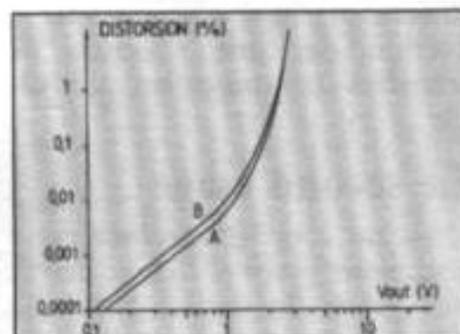


Fig. 23 : Courbes de distorsion du second étage derrière le miroir de courant ; A : étage NPN et miroir PNP, B : étage PNP et miroir NPN.

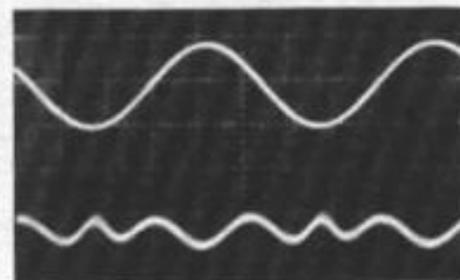


Fig. 24a : Derrière le miroir PNP : en haut signal sur 6,2 k $\Omega$  (1,5 V eff), en bas distorsion (0,04 %).

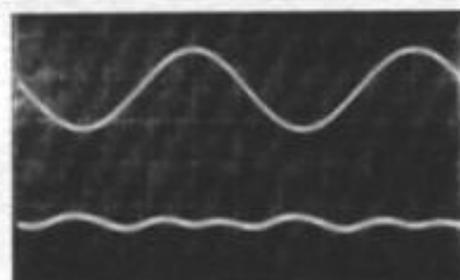


Fig. 24b : Derrière le miroir NPN : en haut signal sur 6,2 k $\Omega$  (1,5 V eff), en bas distorsion (0,03 %).

Fig. 24 : Distorsion derrière les deux miroirs de courant.

donc adopté le schéma de la figure n° 28. La référence sur laquelle la tension continue de sortie est asservie, est une tension de référence par rapport à la

masse, réalisée à partir d'une source de courant et d'une résistance. L'ajustement de cette tension de référence est un moyen d'ajuster l'offset de sortie du

troisième étage.

Le troisième étage est constitué de deux amplificateurs rebouclés avec une sortie commune : cela ne va pas sans poser quelques problèmes : nous en parlerons la prochaine fois en analysant le fonctionnement des boucles de contre-réaction.

Le courant de polarisation retenu est de  $2 \times 5 \text{ mA}$ . Il fixe les résistances de charge ( $8,2 \text{ k}\Omega$ ) qui déterminent la dynamique de sortie. La résistance d'émetteur est alors fixée par le gain recherché (300 soit 50 dB) et vaut  $27 \Omega$ .

Le réglage de l'offset d'entrée s'est fait avec la méthode du transformateur et les mesures du troisième étage ont été faites avec une résistance de charge à la masse de  $3,9 \text{ k}\Omega$  (voir la figure n° 29) et donnent les résultats suivants :

Gain : 43 dB.

Bande passante : non significative en boucle ouverte :  $> 10 \text{ MHz}$ .

Distorsion : la figure n° 30 donne les courbes de distorsion en boucle ouverte du troisième étage.

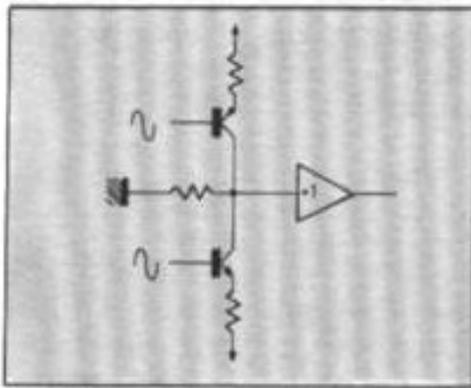


Fig. 25 : Attaque symétrique de l'étage driver.

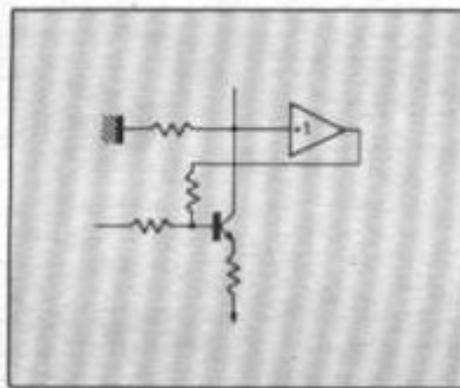


Fig. 26 : Contre-réaction des deux derniers étages.

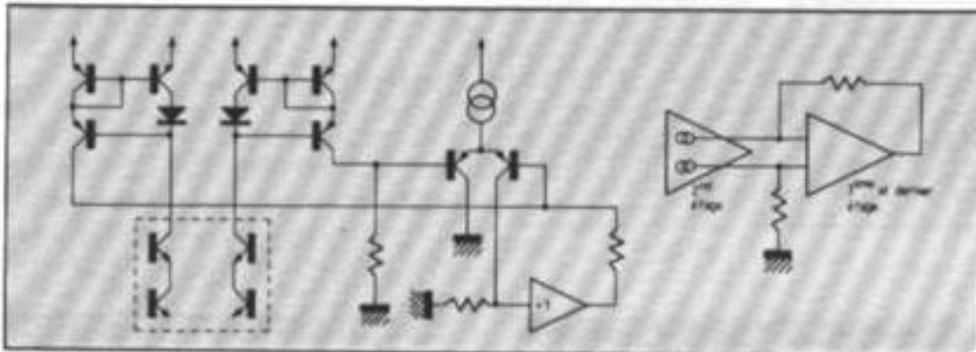


Fig. 27 : Schéma et principe d'un traitement différentiel de la boucle de sortie.

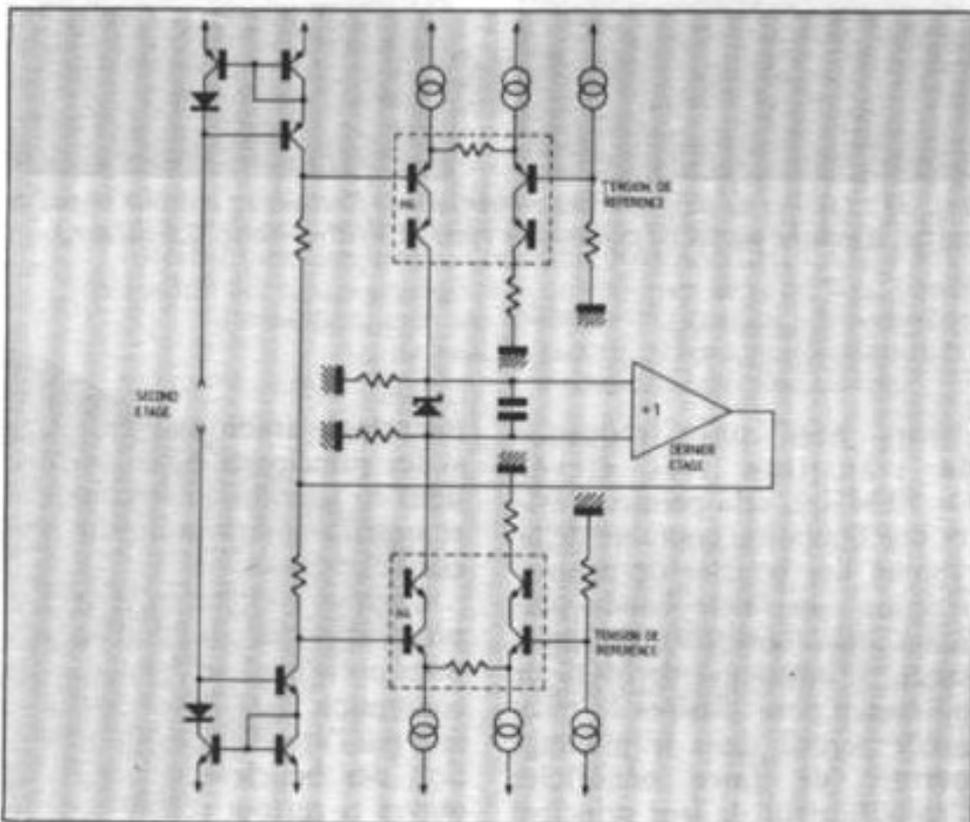


Fig. 28 : Schéma du troisième étage.

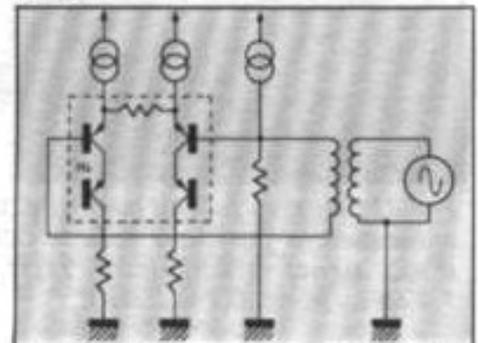


Fig. 29 : Branchement de l'oscillateur pour le réglage de l'offset d'entrée du troisième étage.

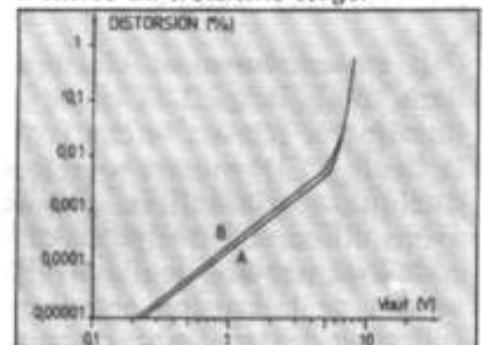


Fig. 30 : Courbes de distorsion du troisième étage ; A : driver NPN, B : driver PNP.

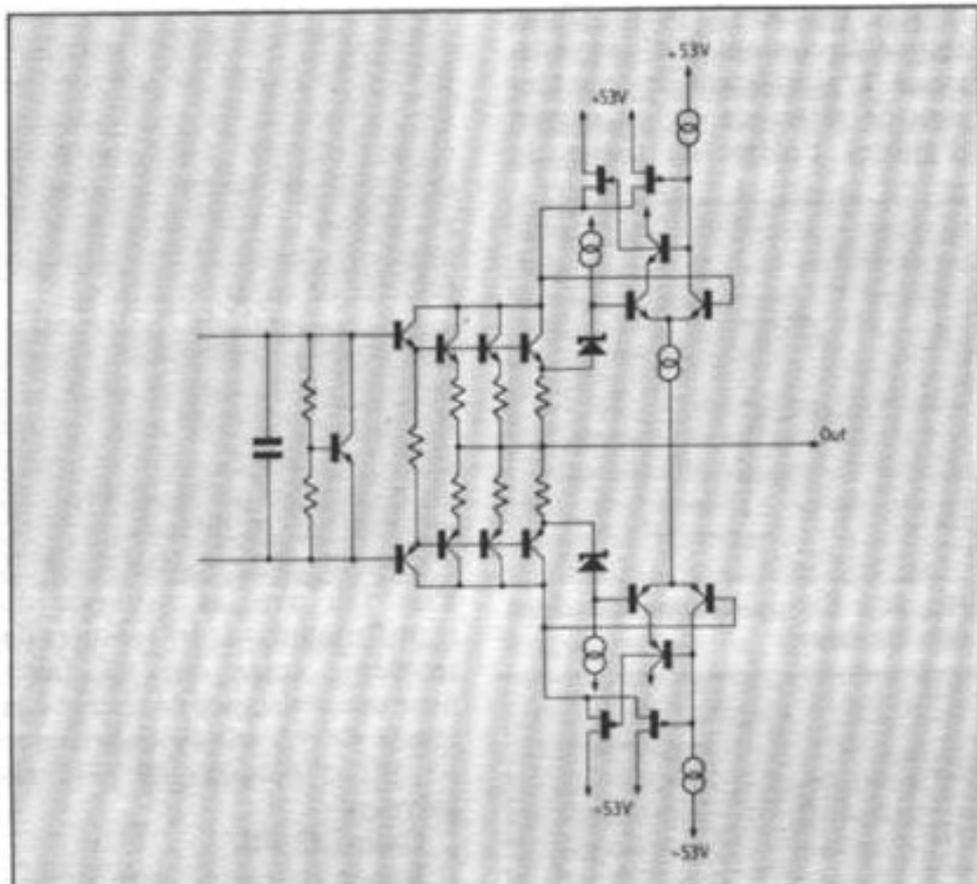


Fig. 31 : Schéma du dernier étage.



Fig. 32 : Signaux fournis par les deux alimentations flottantes dans le cas d'un signal triangulaire (vert. 5 V/div., horiz. 0,2 ms/div.).

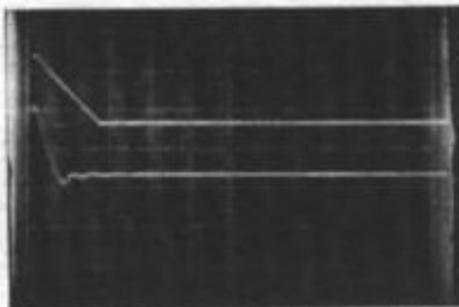


Fig. 33 : Limites de slew-rate des alimentations flottantes ; à droite signal de sortie, à gauche signal de commande (vert. 2 V/div., horiz. 0,5  $\mu$ s/div.).

## Le dernier étage

Il est extrêmement classique dans son principe : la classe A linéaire ; le schéma retenu (voir la figure n° 31) montre toutefois quelques originalités. Nous avons utilisé un principe de cascode avec une boucle d'asservissement de la tension émetteur-collecteur des transistors de puissance. La faible tension ainsi obtenue aux bornes de ces transistors permet d'utiliser des tran-

sistors avec une fréquence de transition très élevée ( $> 70$  MHz), cela permet d'éviter une limitation courante de la rapidité des boucles de contre-réaction : la faible bande passante des transistors de puissance. L'utilisation de MOS de puissance pour dissiper la puissance perdue dans le montage permet de faire bénéficier l'amplificateur de leur principal avantage : leur robustesse liée à l'absence de second claquage.

Les mesures possibles sur cet étage seul sont très limitées ; nous n'avons même pas vu les limites de la bande passante.

En revanche, il est possible de faire quelques mesures sur les amplificateurs d'asservissement des tensions collecteurs (voir figure n° 32) :

Gain : 1 dB.

Bande passante : elle est supérieure au MHz, mais la limitation de rapidité vient du slew rate (voir les oscillogrammes de la figure n° 33) : environ  $4 \text{ V}/\mu\text{s}$ . Cela correspond à la pente maximale d'un signal à l'amplitude maximale à 20 kHz, elle est donc suffisante même si nous aurions aimé une marge de sécurité.

## Conclusion

Il est difficile de conclure à mi-chemin, les résultats déjà obtenus confirment que notre approche a une incidence sur les performances mesurées par la

métrologie traditionnelle même si les principaux bénéfices que nous en attendons lui échappent et ont des effets subjectifs non encore analysés.

La vraie conclusion se fera la prochaine fois après avoir terminé notre analyse des détails de conception de notre amplificateur par l'étude et l'expérimentation des boucles qu'il met en œuvre et surtout réalisé et testé subjectivement le schéma proposé.

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**



# QU

## D

*epuis quelques années c'est en avril  
que revient la grand'fête de la Hi-Fi, mois printanier s'il en est.*

*... Alors on veut découvrir*

*le moindre bourgeon, la moindre petite fleur  
et telle Perséphone autrefois à Eleusis, la transcription sonore renaît à la vie  
et ses adeptes viennent en rangs serrés pour la célébrer.*

*Le Quid de ce numéro se veut le sanctuaire  
où sont exprimées les émotions personnelles de chacun de nos rédacteurs.  
A leurs initiales, vous reconnaîtrez leurs goûts et leurs penchants.*

*Rien d'exhaustif donc mais tout à cœur !*

*Mais en ouverture de rideau célébrons les Trophées !...*

La première remise des trophées JOSEPH LEON a eu lieu dans le cadre des Journées de la Haute-Fidélité le Dimanche 9 Avril.

Chaque année désormais, à l'occasion de cette manifestation, seront remis de la même façon, à trois entreprises, les trophées JOSEPH LEON (ces trois trophées offerts par la revue l'Audio-ophile).

Les trois thèmes de cette année devaient permettre de distinguer trois entreprises.

Le premier thème était : l'entreprise ayant mis en œuvre en 88-89, de la façon la plus remarquable, une ou plusieurs technologies.

Voici les entreprises nominées pour ce premier trophée JOSEPH LEON :

- ACCUPHASE - CABASSE - KENWOOD - NAKAMICHI - TUBE TRAPS - YAMAHA.

C'est finalement la société NAKAMICHI qui se voyait décerner le trophée, remis par M. Marc Boissinot qui fut, de longues années, le Commissaire Général du Festival du Son, à M. Maurice Zysman, Directeur de Fender France importatrice des produits Nakamichi. M. Marc Boissinot fit une brève allocution où était évoquée la continuité du concept des manifestations dédiées à la haute-fidélité.

Le deuxième thème était destiné à récompenser une jeune entreprise française ayant démontré son savoir-faire. Ce fut la jeune société TRIANGLE qui se vit décerner le trophée. Son jeune et talentueux président, M. Renaud De Vergnette, le recevait des mains de M. Henri Cotte qui fut, lui-même, rappelons-le, un brillant industriel français de la haute-fidélité et construisit, entre autres, le célèbre magnétophone Hencot.

Cinq autres jeunes entreprises étaient nominées :

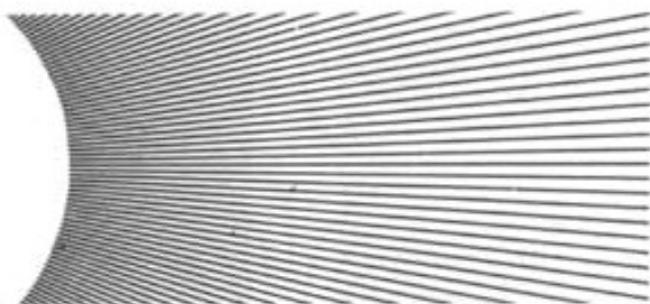
- CONFLUENCE - DAVIS ACOUSTICS - ISEM - PHLOX - VISION ACOUSTIQUE.

Enfin, cinq exposants furent nominés pour la qualité esthétique et fonctionnelle de leur stand dans le cadre de ces Journées de la Haute-Fidélité. Ces cinq exposants furent :

- ALPINE-LUXMAN FRANCE - CABASSE - C2R - EUROPE AUDIO DIFFUSION - TRIANGLE.

C'est la société ALPINE-LUXMAN FRANCE qui emportait le troisième trophée, lequel était remis à M. Claude Mézart, Directeur de cette société, par M. Jean Cotillon, qui fut une figure de la haute-fidélité et qui passe désormais des jours heureux dans sa retraite de Cannes, après avoir parcouru durant plus de 30 ans

# ID



*Quelques membres du jury de gauche à droite, messieurs : Jean Artozoul, Jean Cotillon, Jean-Marie Hubert, Marc Boissinot, Henri Cotte, Armand Zagury, Edouard Pastor, Mathieu Rosanès.*

le monde à la recherche des marques les plus prestigieuses.

L'assistance très nombreuse (300 personnes environ), représentant l'ensemble des dirigeants d'entreprises de la haute-fidélité, ne ménagea pas ses applaudissements aux lauréats.

La cérémonie avait été ouverte par une chaleureuse allocution de bienvenue de la part de Jean-Marie Hubert, Président du Syndicat de la Haute-Fidélité, (créateur depuis 12 ans des Journées de la Haute-Fidélité), où il exprimait sa satisfaction de constater le succès de cette initiative, puis passait la parole à Edouard Pastor, Président des Editions Fréquences, qui évoquait brièvement la mémoire de JOSEPH LEON. M. Pierre Langlois, qui avait eu la mission de réunir les « anciens » de la Haute-Fidélité, pour constituer le jury, remerciait et citait ces derniers : Jean Artozoul, Georges Cabasse, Henri Cotte, Pierre Langlois, Michel Ollive, Edouard Pastor, Mathieu Rosanès, Jacky Setton, Armand Zagury.

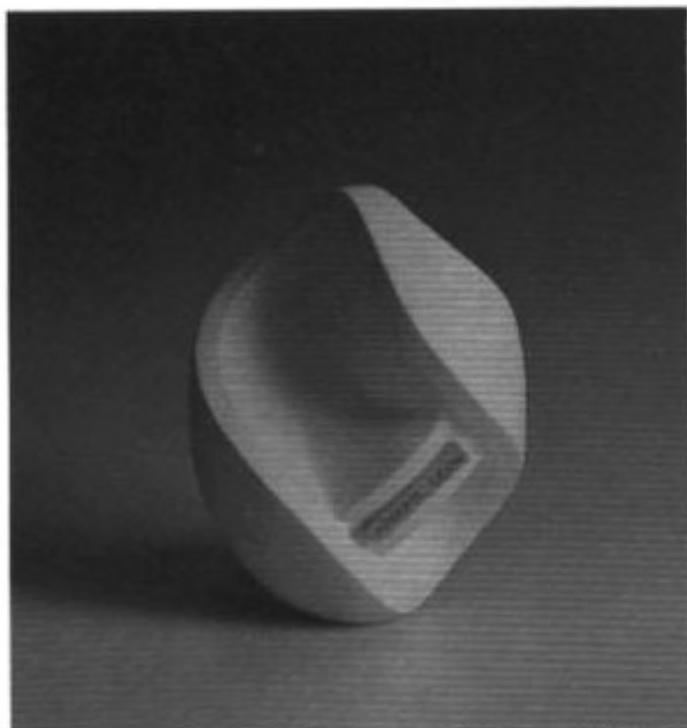
C'est à « trois figures » de la Haute-Fidélité (Marc Boissinot, Henri Cotte, Jean Cotillon) que revint le soin de citer les nominés dans chaque catégorie et de remettre les trophées.

Ainsi était honorée la mémoire d'un des acousticiens français les plus remarquables, JOSEPH LEON, le père des célèbres conques — *la biographie complète de ce dernier est publiée dans le numéro d'Avril de L'Audiophile* — ; étaient également récompensés ceux qui, en France et dans le monde, œuvrent pour la perfection sonore.

Nous sommes persuadés que l'année prochaine cet événement revêtira une importance aussi grande et se déroulera dans un climat aussi chaleureux.

Bonne chance déjà aux futurs compétiteurs qui se montreront dignes du symbole d'un homme qui fut, outre un dirigeant d'entreprise, un chercheur opiniâtre dont le talent ne doit pas être oublié.

E.P



*Le trophée dont les formes ovoïdale et élliptique symbolisent la conque.*



*M. Marc Boissinot, qui fut de longues années le Commissaire Général du Festival du Son, remet, après une brève allocution, où était évoquée la continuité du concept des manifestations dédiées à la Haute-Fidélité, le premier trophée à M. Maurice Zysman, Directeur de la société Fender France, importatrice de la marque Nakamichi.*

**A l'entreprise ayant mis en œuvre en 88-89, de la façon la plus remarquable, une ou plusieurs technologies.**

Les nominés : la société ACCUPHASE pour la nouvelle technologie de convertisseur 20 bits à composants entièrement discrets, appliquée sur l'ensemble DP 80L/DC 81L ; CABASSE pour la synthèse des mesures acoustiques en chambre sourde, chambre claire, milieu semi-réverbérant, qui a conduit à la réalisation de nouvelles configurations de filtres pour obtenir une réponse en énergie constante ; KENWOOD, pour l'étude et la réalisation du système DPAC dans les convertisseurs digitaux analogiques ; NAKAMICHI, pour son lecteur-enregistreur DAT 1000 ; TUBE TRAPS, pour son correcteur acoustique, passif, en élément modulaire ; YAMAHA, pour son nouveau circuit d'asservissement actif « AST » appliqué sur une enceinte de très faible volume.

La société NAKAMICHI a remporté ce premier trophée pour son lecteur-enregistreur DAT 1000, qui concrétise toutes les recherches les plus avancées en matière d'enregistrement digital. La section mécanique spécifique de très haute précision offre un chargement ultra-rapide avec un système de positionnement précis de la bande par rapport au tambour de tête. Tout le système de transport de bande a été revu complètement et n'est pas dérivé des mécaniques de magnétoscopes. Pour la section convertisseur, la définition est poussée à 20 bits. Chaque convertisseur est étalonné individuellement pour chaque appareil, procurant une diminution sensible de la distorsion aux faibles niveaux. L'écoute, superbe, est à la hauteur des moyens mis en œuvre, en comparaison directe il est impossible de reconnaître la source de l'enregistrement.

**Récompensant une jeune entreprise française ayant démontré son savoir-faire.**

Les nominés : CONFLUENCE, pour la réalisation et la conception d'enceintes acoustiques à la mise en phase précise, coffrets très rigides à parois non parallèles, réponse en fréquence linéaire ; DAVIS ACOUSTICS, pour l'étude et la fabrication de haut-parleurs de haute technologie avec membranes en carbone ou en kevlar tressé ; ISEM, pour la conception d'amplificateurs en pure classe A, de grande stabilité de fonctionnement ; PHLOX, pour la réalisation d'électroniques sans compromis qui ont acquis une réputation internationale en très peu de temps ; TRIANGLE, pour sa superbe gamme d'enceintes acoustiques au design réussi et sa toute nouvelle électronique ; VISION ACOUSTIQUE, pour l'étude de



*M. Renaud de Vergnette, Président de la société Triangle, reçoit le trophée remis par M. Henri Cotte, ancien industriel français qui construisit, entre autres, le célèbre magnétophone Hencot.*



*M. Claude Mézard, Directeur de la société Alpine-Luxman, vient de recevoir de troisième trophée des mains de M. Jean Corillon, l'un des tous premiers importateurs français qui a parcouru le monde à la recherche des marques les plus prestigieuses.*

son enceinte MV2 de haute définition sous un faible volume.

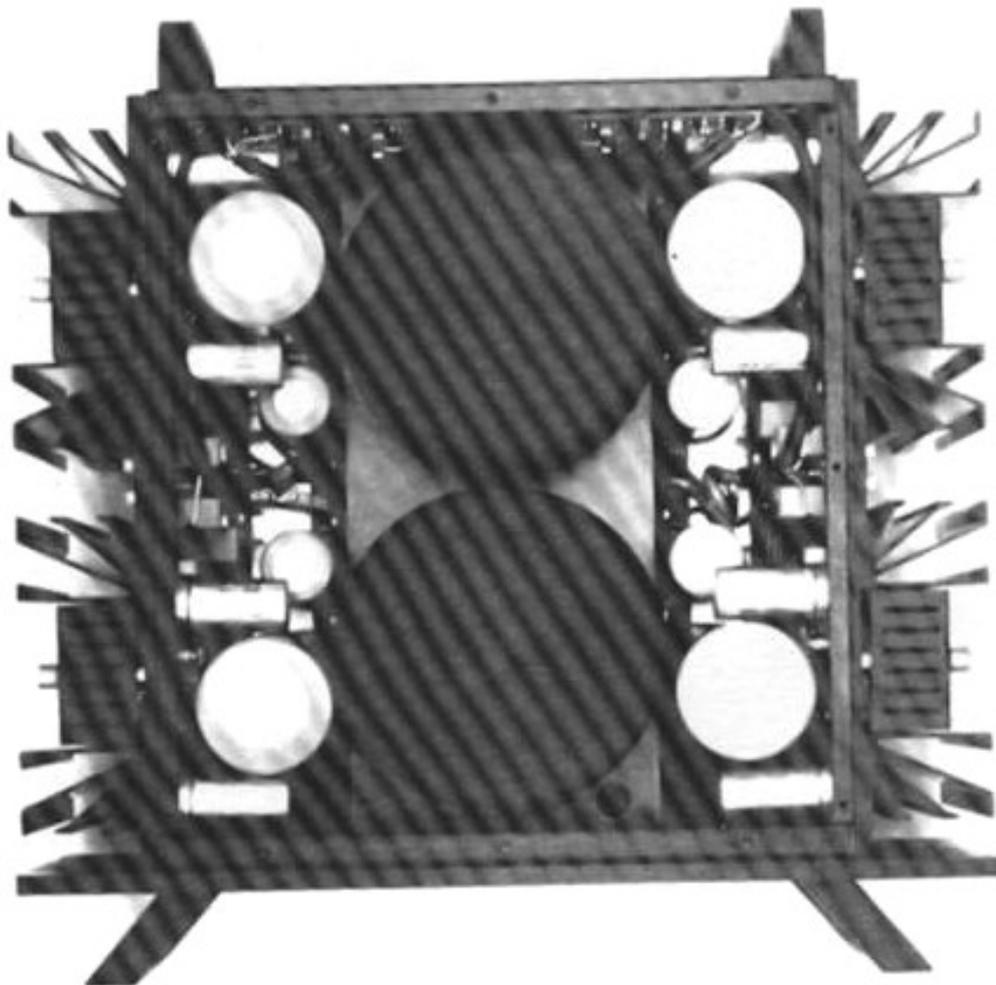
Triangle a remporté ce deuxième trophée. Cette jeune société a démontré en quelques années, un dynamisme extraordinaire en concevant tout d'abord des enceintes à la personnalité affirmée, puis ses propres composants, haut-parleurs sans compromis associant équipage mobile ultra léger, saladier rigide et circuit magnétique surpuissant ; puis, tout récemment, des électroniques au dessin futuriste, avec une conception modulaire des divers circuits ainsi que des commandes de fonctions par clavier sensitif. Enfin, son fondateur, M. Renaud de Vergnette n'a pas hésité à investir dans une superbe unité de recherches et de productions, super équipée (laboratoire hyper sophistiqué avec analyseurs en temps réel, machines-outils de précision). Une brillante réussite, s'appuyant sur une approche pragmatique de la transcription sonore.

#### **Pour la qualité esthétique et fonctionnelle d'un stand dans le cadre des Journées de la Haute-Fidélité.**

Les nominés : ALPINE-LUXMAN FRANCE, pour la décoration d'un visuel général des produits et l'aménagement d'un petit auditorium pour démontrer les vertus d'une toute nouvelle chaîne audio-vidéo ; CABASSE, pour ses comparaisons en « live » entre musique directe (trio piano, hautbois, violoncelle) et musique enregistrée reproduite par deux enceintes Cabasse, situées exactement à la place des micros ayant servis à la prise de son ; C2R, pour l'aménagement de son stand et des démonstrations d'efficacité des correcteurs acoustiques passifs Tube Traps ; TRIANGLE, pour l'agencement esthétique de son stand, la rigueur et la beauté de ses démonstrations.

C'est la société ALPINE-LUXMAN FRANCE qui a remporté ce troisième trophée pour l'aménagement rigoureux et luxueux de son stand, avec mise en valeur en statique de toute la gamme des matériaux haute-fidélité, ainsi que des éléments hifi audio pour automobiles et la création d'un petit auditorium aménagé spécialement pour la nouvelle ligne 007, entièrement télécommandable. Les démonstrations des possibilités offertes par ce nouveau système étaient brillamment effectuées avec de nombreuses explications claires et concises par une talentueuse démonstratrice, connaissant « sur le bout des ongles » son sujet.

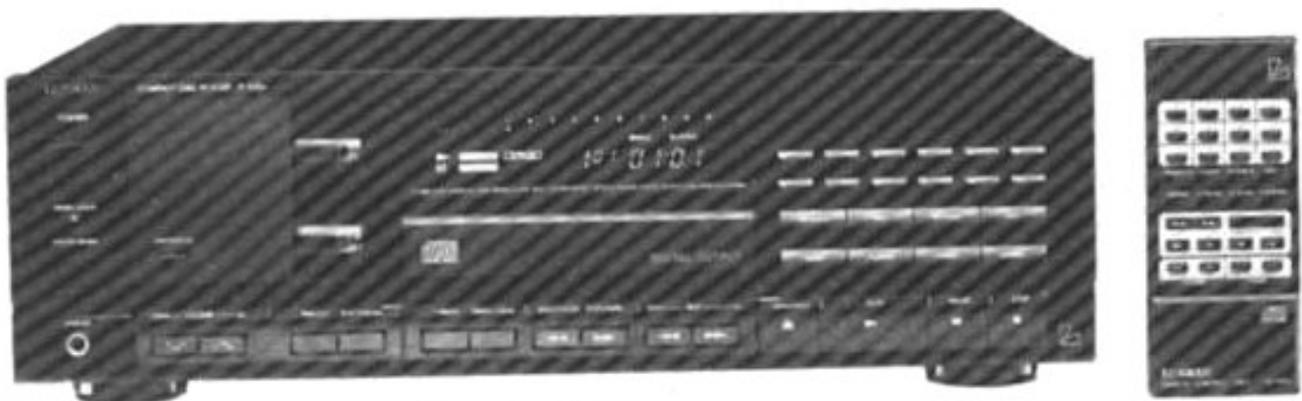
Soulignons qu'Alpine-Luxman au cours des salons qui ont lieu dans le monde entier, soigne tout particulièrement l'aménagement de ses stands, sachant faire ressortir la haute technicité, la musicalité de ses produits et toutes leurs possibilités d'exploitation.



### Mark Levinson N° 27

*Le N° 27 reprend le principe de construction de type double mono pour une séparation totale entre les canaux droit et gauche afin d'éviter tout problème de diaphonie instantanée. Capable de fournir 100 W par canal sur 8  $\Omega$ , sa puissance instantanée peut monter jusqu'à 350 W avec une énorme réserve de courant grâce à sa double alimentation (deux transformateurs de 729 VA chacun) ainsi qu'un circuit spécial pour contrôler les effets d'écrêtage. Au cours des Journées de la Haute-Fidélité, sur les Apogée, le N° 27 a fait étalage d'une musicalité exceptionnelle avec des timbres d'une rare vérité.*

P.V.



### Luxman D-105 u.

*Un lecteur CD avec un étage de sortie à tubes, ce n'est déjà pas très courant. Lorsque ce lecteur est issu d'une grande marque japonaise, en l'occurrence Luxman, et coûte moins de 8 000 F, cela suscite un intérêt grandissant. Lorsqu'enfin on a la chance d'écouter la bête et d'entendre ce que l'on entend, on peut même aller jusqu'à parler d'un événement exceptionnel.*

V.C.



### **Kenwood DP 5010**

*On ne manquera pas d'être sensible aux perfectionnements apportés sur la nouvelle gamme de lecteurs CD Kenwood. L'accès direct aux plages par 20 touches, la fonction Edit, extrêmement pratiques, s'ajoutent à des circuits encore plus performants (DPAC et octuple suréchantillonnage entre autres). Dans cette gamme composée des DPX 9010, DP 8010, DP 7010, DP 5010 et DP 3010, le DP 5010 devient une nouvelle référence sur les critères d'équilibre tonal et de musicalité. Doux mais dynamique et articulé, le DP 5010 fait vivre et vibrer la musique avec une rare sensibilité. Son prix est scandaleux. Il faut sauter sur l'occasion sans hésiter.*

*J.H.*

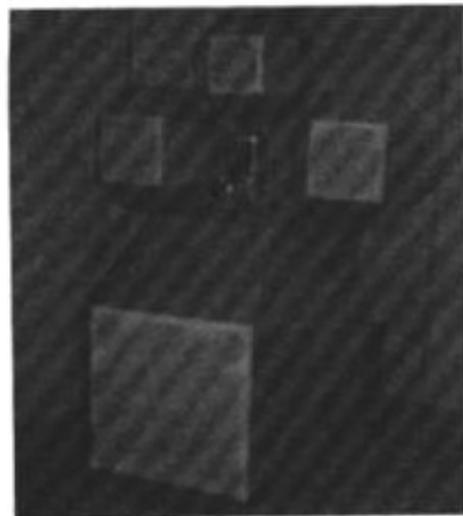


### **L'AST (Active Servo Technology)**

**ou comment descendre à 28 Hz avec un haut-parleur de 16 cm et un volume de charge qui n'excède pas 13 litres...**

*La preuve par Yamaha que tout n'a pas encore été dit dans le domaine de la reproduction sonore. L'AST-1, c'est l'association judicieuse d'une enceinte dont le boomer excite une cavité mettant en mouvement une importante colonne d'air constituant la voie grave (théories de Helmholtz) et d'un ampli corrigé dynamiquement pour que l'impédance de la charge soit virtuellement nulle. Et ça marche ! Ce ne sont pas les très nombreux visiteurs qui se pressaient sur le stand Yamaha qui nous contrediront.*

*V.C.*



### **AESD Harmonie 5000... A écouter à tout prix !**

Ceux qui n'ont pu assister aux démonstrations de l'enceinte 5 voies AESD Harmonie 5000 ont vraiment raté l'une des plus belles prestations des Journées de la Haute-Fidélité. En effet, l'écoute de ce système permettait de réaliser clairement que 95 % des ensembles de reproduction existant actuellement sont virtuellement incapables de transcrire la dynamique réelle d'un enregistrement quel qu'il soit ! Ce système, entièrement actif, met en œuvre six haut-parleurs dont un boomer de 46 cm, montés dans un volume de 650 litres. Les amplificateurs, au nombre de six (un par haut-parleur), entièrement d'origine AESD, emploient des composants de qualité militaire dont les prix détails feraient frémir les plus blasés. Hormis le grave, tous les transducteurs sont d'origine Davis Acoustics sur cahier des charges spécial.

Très objectivement, il est impossible de transcrire par écrit l'impression ressentie à l'écoute ; le résultat est tout à fait hors du commun, nous avons d'ailleurs redécouvert complètement certains disques bien connus.

A notre avis, tout amateur ne craignant pas de se remettre en question doit « connaître » cet extraordinaire réalisation ; ce système est en écoute permanente à l'auditorium SEFAS 73, rue Claude Bernard 75005 Paris. Tél. 47.07.60.72.

C.B.

### **Cabasse Colonne 135**

Aux dernières Journées de la Haute-Fidélité, Cabasse était le seul exposant qui avait osé effectuer, dans un milieu acoustique plutôt médiocre (une salle de 220 m<sup>2</sup>) ses fameuses comparaisons son direct/son reproduit.

Cabasse a tenu son pari, car les trois artistes invités pour ces démonstrations faisaient de temps à autre semblant de jouer alors que l'on aurait pu jurer du contraire. Parmi la vaste gamme présentée figurait une nouveauté (elle sera disponible fin juin 89), la colonne 135. Sur ce modèle de 1,35 m de haut, Cabasse fait appel, contrairement à ses habitudes, à la charge bass-reflex ainsi qu'à deux haut-parleurs de grave de 21 cm à très grande elongation (32 mm). La forme de colonne, peu encombrante permet d'obtenir un volume utile de 280 litres. Cette enceinte, très étonnante par ses performances, sera vendue aux environs de 37 000 F la paire. Rappelons qu'il s'agit d'une version 4 voies à filtre passif incorporé. Elle complète ainsi une série constituée des colonnes 100 et 116.

J.H.

### **Oriane, lancement réussi**

Première prestation pleinement réussie pour l'Oriane, le nouvel haut de gamme de JM Lab. Dans cette enceinte, le constructeur a mis en application sur l'ensemble du spectre sa technologie polykevlar. Une fois de plus la démonstration est faite qu'en matière d'homogénéité de transcription sonore, il est essentiel d'avoir recours à des transducteurs de même technologie. Les conditions de démonstration, on ne peut plus sévères compte tenu du volume de la salle, ont révélé une définition poussée et cela à des niveaux impressionnants avec une sensation de distorsion subjective étonnamment basse. A noter le très astucieux piètement pouvant procurer deux types d'amortissements suivant la qualité du sol recevant les enceintes. Dernier point, le rapport technologie/prix est on ne peut plus attractif.

G.C.

### **Davis, le tweeter TW26K2F**

Ce tweeter à haut rendement est une merveille de précision et de naturel dans la transcription des fréquences élevées, avec ce qui manque le plus à la majorité de ses concurrents, l'impact et le corps sur les transitoires les plus violents. Sa haute technologie n'est pas étrangère à ce résultat : membrane en kevlar tressé enduite, double circuit magnétique gigantesque, assurant une saturation de l'entrefer (17 000 gauss), double amortissement interne pour éviter les résonances parasites, profil particulier des plaques de champ. Mais, par-delà ces spécifications techniques hors du commun, il faut écouter ce tweeter qui se hausse au niveau des meilleures réalisations sans compromis.

P.V.





**Amateurs de « biz'art », cet ampli Carver vous est destiné.**

*Le Silver Seven t est un bloc mono à transistors revendiquant des performances (550 W dans 8  $\Omega$ , capacité en courant supérieure à 35 A dans 1  $\Omega$ , rapport signal/bruit meilleur que 110 dB pondérés A) et un son identique à ceux de son homologue à tubes Silver Seven. Le Silver Seven t pousse même le mimétisme dans le design de son châssis qui en fait un objet aussi beau à voir qu'à écouter. Seule différence, mais elle est de taille, son prix : 25 472 F la paire contre 306 440 F pour le Silver Seven sans t. A la vôtre...*

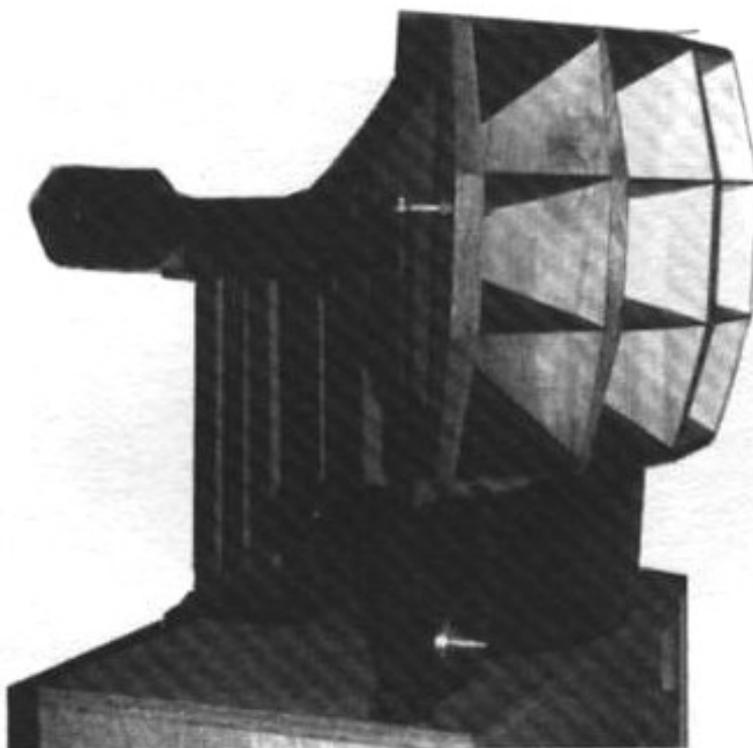
V.C.



#### **Hôtel Warwick**

*L'auditorium Cohérences a mis en œuvre quatre systèmes, en optimisant les associations. Nous avons été particulièrement impressionnés par un grand système Magnepan composé de panneaux subwoofers TIV A dans le grave et deux MG3A dans le médium et l'aigu, en triamplification active avec au total six Audio Research M300 et Classic 150. Après réglage affiné, l'écoute s'est avérée d'une hallucinante précision, avec une ampleur peu commune et surtout sans déséquilibre tonal en fonction du niveau d'écoute global, ce qui est très rare sur système multiamplié.*

P.V.



### **La Maison de L'Audiophile**

*Ceux qui se sont rendus à la Maison de L'Audiophile du 8 au 10 avril ont pu enfin découvrir un vrai système Onken en 4 voies avec le fabuleux pavillon de bas médium MS 200 W équipé de la gigantesque chambre de compression 255E dont la membrane en aluminium de 11,5 cm détaille avec une hallucinante précision toute la zone primordiale entre 250 et 1 200 Hz. Du grand, du très grand réalisme sonore où la délicatesse des timbres les plus subtils côtoie la violence inouïe de certains transitoires sans tassement de dynamique, d'une beauté sonore inoubliable.*

P.V.

### **Come back de Spendor**

*Combien d'amateurs n'ont cessé depuis plusieurs années de déplorer l'absence d'enceintes anglaises Spendor sur le marché français ? Réjouissez-vous, ô amateurs de beaux timbres, les voici qui nous reviennent auréolées pour certaines du fameux référencement BBC. Il va falloir désormais s'habituer à de nouvelles références : SP1, SP2 II, Prélude II bicâblable, LS3/5 A, moniteur SA1 (référence des studios mobiles de la BBC en volume identique à la LS3/5 A). Et bien entendu, toujours au catalogue mais ayant subi quelques évolutions, la fameuse BC III, immuable monument de la haute-fidélité. Renseignements : S.I.S. (Société Internationale du Son) 7, rue des Grands Mortiers 37700 Tours St-Pierre-des-Corps. Tél. 47.63.13.13.*

C.B.

### **Mac Intosh MC 7200, un nouveau classique**

*Présenté en avant-première aux Journées de la Haute-Fidélité, nous avons eu la chance de l'écouter par la suite dans nos conditions habituelles : extraordinaire. Ce monstre de 2 x 290 W (mesuré) est d'une transparence incroyable, avec une faculté de définition sur les micro-informations que nous n'avons jamais entendue auparavant sur des électroniques de cette puissance. Alerté, avec un suivi rythmique extraordinaire, il recule les barrières de la fluidité sonore. Mac Intosh vient de prendre une avance considérable en matière de degré de fidélité sonore et musicale avec une dynamique uniformément répartie. Les résultats d'écoute concordent parfaitement avec les résultats de mesures exceptionnels (spectre de distorsion remarquable). Un événement, avec toujours le design inimitable Mac, à écouter impérativement. Dans la hiérarchie des meilleurs amplis, il va y avoir de sacrés bouleversements !*

P.V.



### Hôtel Baltimore

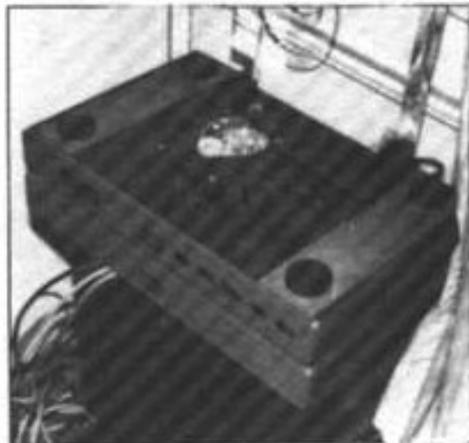
Plusieurs importateurs et constructeurs s'étaient réunis dans le cadre de l'hôtel Baltimore pour présenter de nombreuses nouveautés fort intéressantes. Parmi celles-ci, nous avons retenu tout d'abord chez Hamy Sound, l'enceinte Tannoy Canterbury équipée d'un tout nouveau haut-parleur coaxial avec circuit magnétique surpuissant en Alcomax (gain en rendement et précision sur les attaques), la nouvelle Axiom de Gilles Milot enceinte colonne adoptant deux haut-parleurs graves à membrane plane de section carrée avec double circuit magnétique surpuissant, dit Supra, mis au point conjointement avec Audax Industrie, les petites (par la taille) électroniques Audio Style de  $2 \times 120$  W, les nouveaux Conrad Johnson MV100  $2 \times 100$  W et préampli PV10, ainsi que les électroniques Kebschull à tubes sans oublier l'incroyable décodeur Wadia capable de traiter avec une très haute précision les informations digitales.

P.V.

### Martin Logan CLS série II

Impressionnant ! On nous avait prévenu... des échos à leur sujet nous étaient déjà parvenus des quatre points cardinaux, mais en toute sincérité, il fallait les entendre pour le croire... Si, à notre tour, nous en parlons, le clamons, le répétons, nous croirez-vous ? Disons-le tout de même : les nouvelles enceintes Martin Logan CLS II ont réellement creusé le trou par rapport à la bien connue CLS. Que s'est-il donc passé pour que le grave descende de cette façon avec un impact jusqu'alors inconnu ? Quelle a été la recette qui fait de cette enceinte l'une des plus transparentes du monde (sans jouer sur les mots), l'une des plus fouillées que nous ayons entendue et ce, en conservant la limpidité de la précédente version ? Les réponses existent et nous les connaissons ; il ne s'agit nullement d'un heureux hasard mais du fruit d'améliorations technologiques importantes. Si vous possédez déjà les CLS première version, ne soyez pas désespéré, la modification est prévue, adressez-vous à l'importateur qui se fera un plaisir de vous renseigner. Audio Quartet 2, rue de Penthièvre 75008 Paris. Tél. 47.42.04.04.

C.B.



### Musique dans le Marais

L'équipe de Présence Audio Conseil s'est démenée pour offrir des superbes écoutes dans le cadre prestigieux de l'hôtel de Coulanges dans le Marais. Décrire chaque système mis en œuvre demanderait un numéro entier de L'Audiophile (nous vous conseillons de lire le reportage de la Nouvelle Revue du Son de mai). Cependant, ce fut l'occasion de découvrir en avant-première le nouveau lecteur CD Krell, les toutes dernières Martin Logan CLS 2 (quelle transparence avec une capacité dynamique accrue), les toutes « neuves » Leedh Axiom, dernière réalisation de Gilles Milot, le DAT Nakamichi 1000, utilisé pour enregistrer les concerts qui ont eu lieu parallèlement au cours de cette brillante manifestation où la musique vivante rejoignait la musique transcrite au plus haut niveau de qualité dans l'état actuel des techniques.

P.V.

### AW Audio PA 12.2

Il a l'aspect d'un haut-parleur électrostatique ou d'un panneau isodynamique. Ce n'est en fait ni l'un ni l'autre, mais tout simplement un panneau de 1,48 m de haut, de 55 cm de large et de 7 cm de profondeur seulement sur lequel sont alignés verticalement 9 haut-parleurs dans une configuration deux voies. La nouvelle version (elle reste l'un des meilleurs souvenirs des Journées de la Haute-Fidélité) est désormais associée à un nouveau système de filtrage passif. Voici enfin un système à baffles plans capable d'assurer une solide assise du grave, un système au rendement confortable dont la transparence, la fidélité de transcription de l'effet spatial et le pouvoir d'analyse en font un véritable défi lancé aux principes de transduction plus complexes et plus onéreux. Avec de telles performances et une esthétique aussi raffinée, ces nouvelles PA 12.2 ne vont pas manquer de faire parler d'elles.

J.H.

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

Schwer.

1. Oboe.

Kontra-Fagott

1. 3. Horn.  
in F.

2. 4. Horn.

Trombon.

1. Harfe.

2. Harfe.

Violoncell.

Kontrabaß.

1. Oboe.

1. 3. Horn.  
in F.

2. 4. Horn.

Trombon.

1. Harfe.

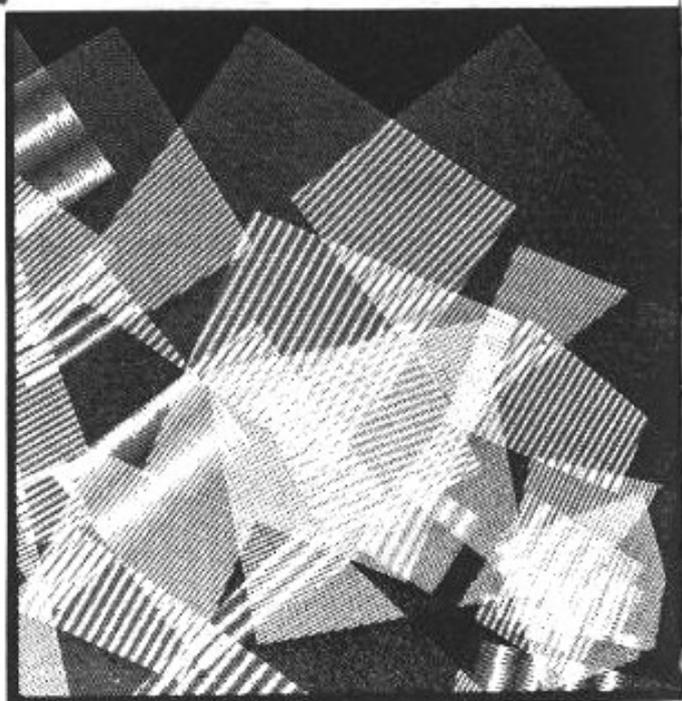
2. Harfe.

Violoncell.

Kontrabaß.

comment l'é

*A chaque barre de mesure,  
le compositeur  
— ici Gustav Mahler —  
doit organiser  
— verticalement —  
les alliages de formes,  
les effets de masque  
simultanés  
et maîtriser les  
recouvrements  
instrumentaux.*



Claude Bailblé



entendez-vous ?

**S**

*cience du son, l'acoustique*

*en étudie la production, la transmission, la détection et les effets.*

*Le milieu aérien nous apporte à chaque instant le rayonnement d'une infinité de sources que la distance absorbe jusqu'à en effacer la trace.*

*Et cependant le reliquat de cette énergie, partout dissipée est suffisamment puissant pour que nous rejefions dans le bruit ce qui nous gêne, tout en tendant vers ce qui nous importe.*

*A la fois objet et image, stimulus et sensation, le son est simultanément expressif (il dit une présence, il donne des indices)*

*et impressif (il nous affecte, il nous touche par ses qualités sensibles).*

*A la fois acte moteur et acte perceptif, le geste vocal manifeste la subjectivité, tout en marquant son étroite dépendance à un code commun, la langue.*

*Nous nous proposons, dans cet essai, après avoir rappelé les dimensions du champ auditif, de situer la perspective binaurale dans la perception des formes et des mouvements pour comprendre davantage le vécu des phénomènes sonores et la diversité des situations d'écoute.*

## Le champ auditif

### Puissance du sonore

La vibration mécanique de la source est communiquée au fluide aérien sous forme de perturbation élastique. Les états successifs de compression et de dilatation se propagent dans toutes les directions (onde sphérique). Mais en raison de l'expansion de la surface d'onde, l'énergie acoustique se répartit sur une sphère de plus en plus vaste et s'affaiblit donc à proportion du carré de la distance parcourue. Cependant, une partie de l'onde peut se replier sur les obstacles (réflexion) ou les contourner (diffraction).

Devant un obstacle massif et rigide, le son est rabattu. Comme une bougie devant un miroir, la source forme alors deux images : l'une, réelle, provient de l'objet, l'autre, virtuelle, agent double, semble provenir d'une profondeur en excès.

Confronté à un petit obstacle, le son n'est que peu perturbé : il est partiellement diffracté. Si les dimensions de l'obstacle s'accroissent, seules les fréquences graves font un crochet. Les aiguës sont absorbées ou réfléchies.

Ainsi, la propriété la plus remarquable du son est contradictoire : il s'éteint avec l'éloignement (champ distal) mais il contourne, traverse et ignore les obstacles (champ proximal). Il nous atteint, sans le secours de la vue, nous ne pouvons nous en dépendre qu'en prenant du champ et pourtant, c'est l'intensité de la source émettrice qui « décide » de la puissance de l'oreille.

Alors que la vue choisit son domaine, alors que le regard touche aux lointains, l'ouïe subit presque passivement les énergies dissemblables, l'éclat ou la faiblesse des sons environnants. Inversement, aidée en cela des lois de la propagation, elle décèle et entend au travers, au moment

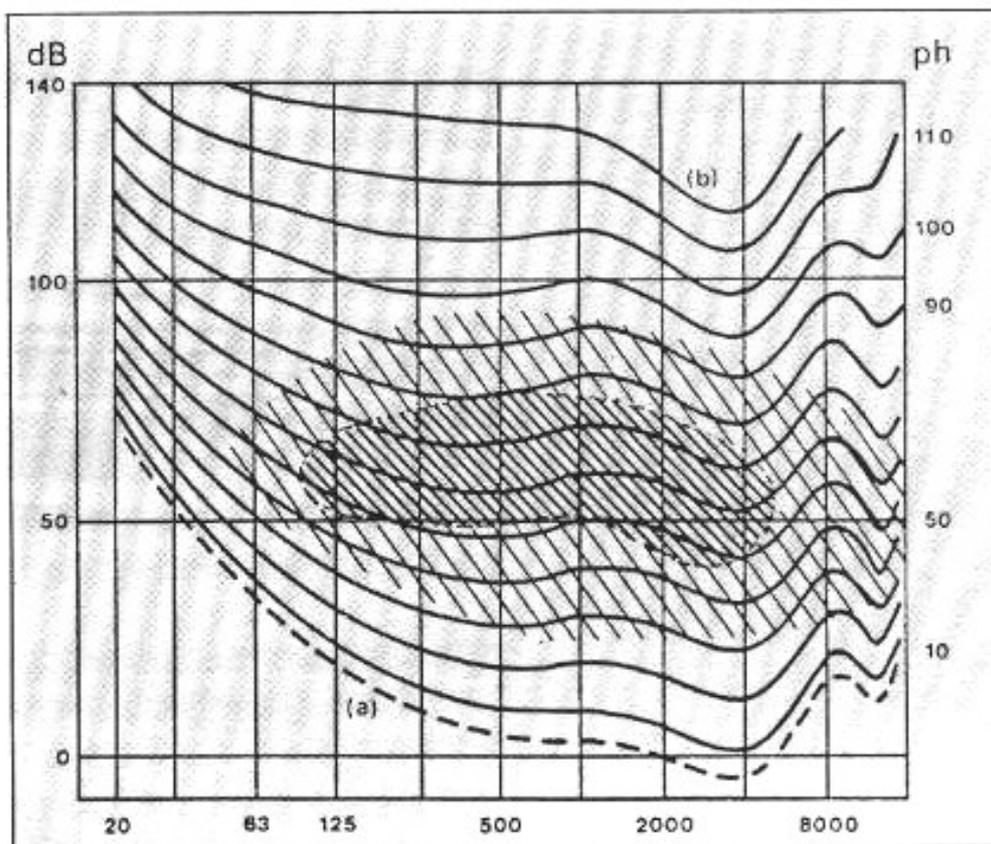


Fig. 1 : Normes internationales d'audibilité. Le seuil d'audibilité est très bas entre 1 000 et 4 000 Hz. A 50 Hz, il est  $10^5$  fois plus grand,

même où la vue, directionnelle, aveuglée par les obstacles, se laisse facilement surprendre.

L'oreille omnidirectionnelle, alertée par les événements rapprochés est spécialement sensible aux changements, aux modifications infimes du donné sonore tandis qu'elle tend à éliminer de la conscience les sons stables, permanents ou immobiles.

### Audibilité

Le son se déploie dans l'oreille en 3 dimensions, emportées par le défilement continu du temps.

— Celle des **intensités** : entre seuil d'audibilité et seuil de douleur, l'ouïe accepte des écarts absolus de 120 dB. La **sonie** ou intensité perçue, dépend de la pression acoustique incidente, mais varie avec la fréquence. Fletcher et Munson ont tracé les courbes nominales d'**isophonie**, obtenues par un auditeur statistique.

— Celles des **hauteurs** : entre les infra-sous (< 20 Hz) et les ultra-sous (> 20 kHz), la **tonie** ou hauteur perçue (pitch) varie avec la

fréquence (au-delà de 1 000 Hz, la fréquence doit être plus que doublée pour donner la sensation d'octave supérieur) et avec l'intensité (échelle des mels). Les jugements de hauteur ne sont

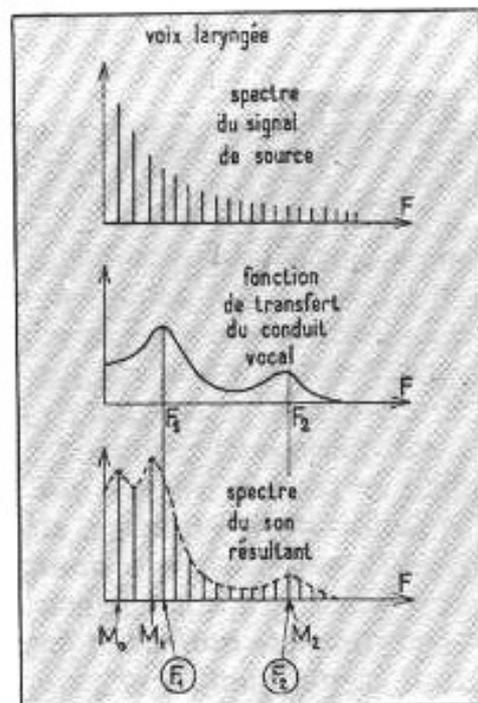


Fig. 2 : Spectre d'une voyelle, les consonnes étant des bruits transitoires d'écoulement (d'après J.S. Lienard op. Cité).

précis que pour l'intervalle 100-5 000 Hz environ (1).

En fait, il n'y a pas de relation simple, *bi-univoque* entre les paramètres physiques des sons et les sensations qu'ils produisent. D'où les polémiques entre les tenants de l'accord à tempérament égal et ceux de l'accord à tempérament inégal.

— Celle des **timbres** : la couleur des sons dépend de la composition spectrale (formants accentuant certaines fréquences) certes, mais aussi des formes temporelles (attaque, tenue, extinction) transitoires ou continues de sons.

Encore faut-il compléter ces trois dimensions par quelques autres : la *clarté* (son clair ou sombre), le *volume* (son étroit ou étendu), la *densité* (son compact ou maigre), la *rudesse* (son rugueux ou lisse), l'*acuité* (son ouvert aux aiguës ultimes, dépourvu du piqué) (2).

Par ailleurs, la psychoacoustique a mesuré les **seuils différentiels** (les différences justes perceptibles, DJP) des fréquences et des intensités. Reste que la notion la plus spécifique est celle de l'**effet de masque**.

Un son faible est audible dans un lieu calme, mais cesse de l'être dans une ambiance bruyante, ceci en raison d'un effet de recouvrement. Ce que la vision appréhende lors de l'éblouissement (une source très brillante occulte ce qui l'entoure)

(1) On trouvera tous les développements de ces questions dans l'ouvrage « Audition » de Pierre Buser et Michel Imbert, édit. Hermann. Paris, 1987.

(2) Nous renvoyons le lecteur à l'article « le concert et son double » (première partie) in « L'Audio-ophile » n° 1. Il y trouvera un aperçu descriptif sur les composants du matériau sonore, tels que le champ auditif les organise.

(3) L'effet de masque est dicté pour l'essentiel par les propriétés mécaniques de la membrane basilaire, enroulée dans le colimaçon de l'oreille interne.

prend ici une importance considérable. *Le son fort cache le son faible*, dirait-on génériquement ! L'**effet de masque** peut être total ou partiel. On le mesure en notant de combien il faut relever le son masqué pour qu'il retrouve sa sonie d'origine... ou, façon plus récente de procéder : on cherche l'intensité  $S_M$  que doit avoir le son masqueur pour recouvrir le son test  $S_T$  de fréquence fixe et d'intensité faible (Zwicker, 1974).

On note :

- a) que l'effet de masque est d'autant plus important que la fréquence  $F_T$  est voisine de  $F_M$  ;
- b) que le masqueur est plus efficace sur les fréquences immédiatement supérieures que sur les fréquences immédiatement inférieures à  $F_M$  ;
- c) qu'en pratique les graves sont les plus gênants tandis que les aiguës ont un pouvoir masquant minimal.

Si les deux sons, simultanément entendus, sont de force voisine, on entend d'abord des *battements*, puis s'écartant, on entend un *mélange* rugueux, accompagné parfois d'un *son différentiel* ( $F_M - F_T$ ). S'éloignant encore, le son mélangé paraît *dissonant*. Au-delà du tiers d'octave, la dissonance s'inverse en *consonance* qui atteint son maximum à l'octave (3).

Cependant, dans la réalité

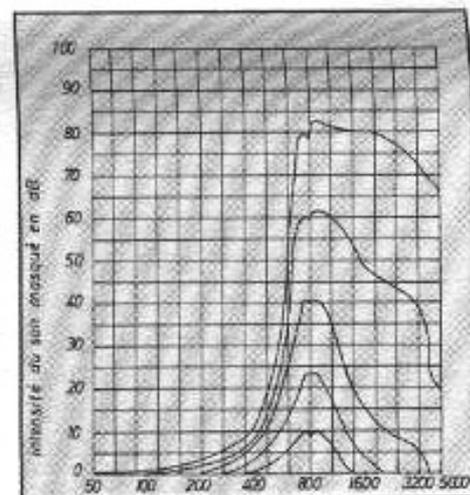


Fig. 3 : Effet de masque d'un son d'une fréquence de 800 Hz et d'intensité 20, 40, 60, 80 dB (d'après Wegel et Lane).

quotidienne, les choses sont plus complexes. Le bruit ambiant (masque) n'est pas une fréquence pure, pas plus que le son écouté n'est une sinusoïde simple. Dès 1940, Fletcher avait constaté que dans le masquage d'un son pur par un bruit blanc, seules les fréquences situées autour du son test sont efficacement masquantes. Autrement dit, seule une certaine bande de bruit, centrée autour de la fréquence à masquer, participe de l'effet inhibiteur, cf. fig. 4.

Soit un masque de bruit à bande étroite, centré sur 1 000 Hz (1 000 + 80, 1 000 - 80, soit 160 Hz de largeur) ; l'effet de masque est maximal à 1 000 Hz et déborde plus sur les aiguës que sur les graves, et cela

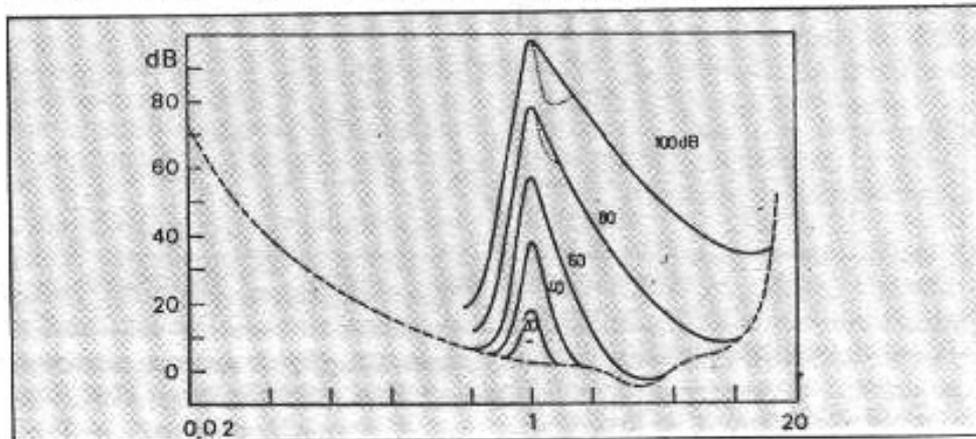


Fig. 4 : Masquage d'un son pur par un bruit à bande étroite centrée sur 1 000 Hz et de largeur 160 Hz, dont le niveau d'intensité en dB est indiqué en paramètre (20, 40, 60, 80 et 100 dB). Les fréquences en kHz figurent en abscisses et le niveau de masque en dB en ordonnées.

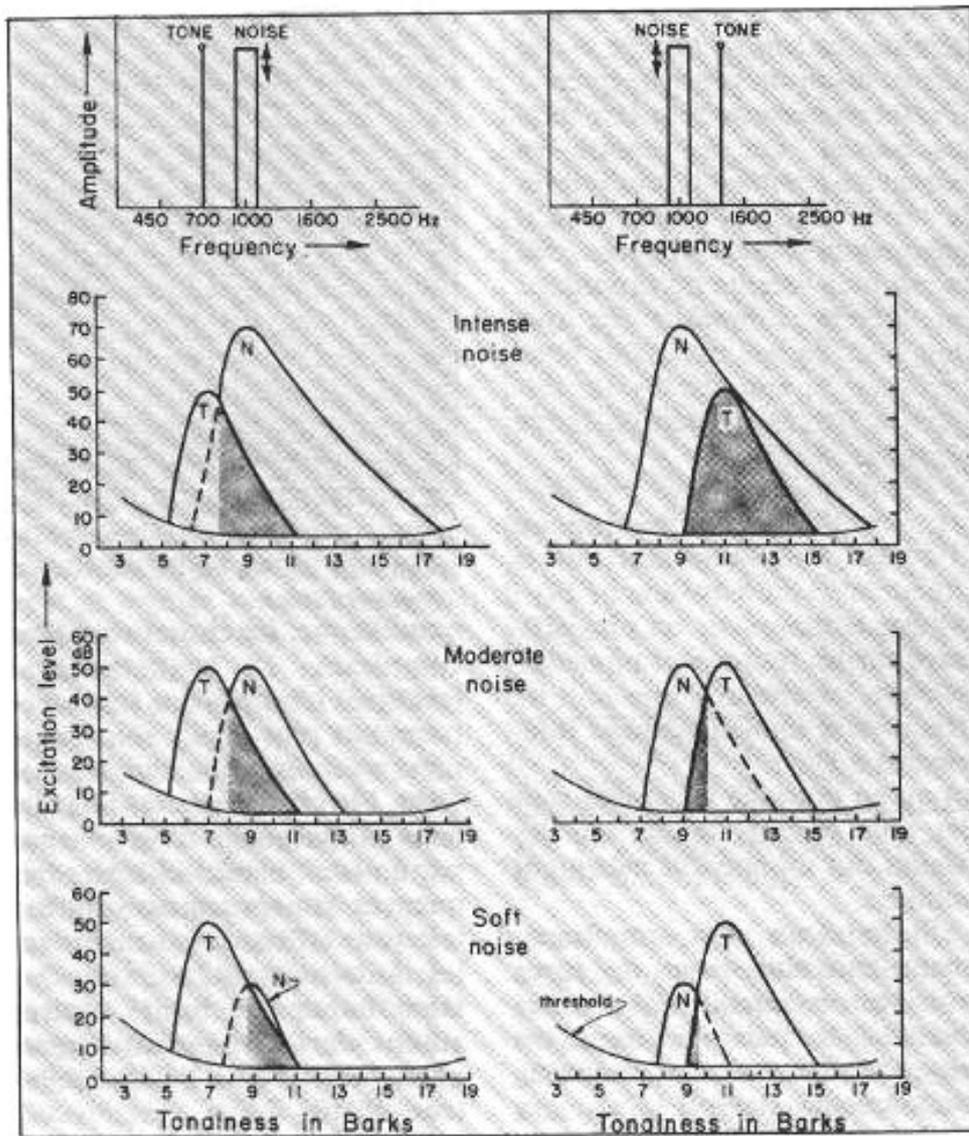


Fig. 5 : En faisant varier la quantité de bruit au-dessus et au-dessous du son de test, on observe le champ d'activité du masqueur selon Scharf, in Handbook of perception.

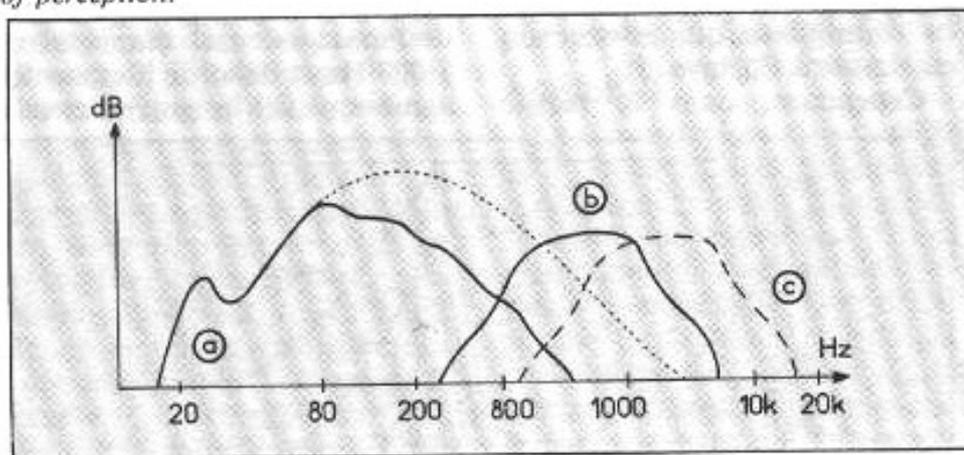


Fig. 6 : a) Spectre de bruit (en traits pleins) et effet de masque associé (en pointillés). b) Spectre de voix masqué. c) Voix déportée vers l'aigu (tirets) cherchant à échapper au masqueur.

d'autant plus que le bruit est puissant.

On appelle **bande critique** la largeur de bande fréquentielle minimale  $\Delta F$  susceptible de mas-

que efficacement un son pur. La membrane basilaire se présente alors comme le support de bandes critiques alignées en un ensemble de filtres passe-bande,

chacune ayant une largeur  $\Delta F_c$  caractéristique (proche du 1/3 d'octave) (4) notée en Bark.

Prenons un exemple : au coin d'un carrefour bruyant, vous essayez de parler à un(e) voisin(e). Le bruit de circulation, de niveau important, présente un maximum d'énergie dans la bande 80-200 Hz, mais empiète au-delà de 800 Hz. Pour compenser la perte d'audibilité, vous forcez la voix pour vous faire entendre, en même temps vous la haussez dans l'aigu, pour échapper, pour sortir au plus loin des bandes critiques atteintes par l'effet de masque, cf. fig. 6.

En présence d'un bruit rose, l'effet de recouvrement est total, car il sature tout le domaine audible. La voix ne peut trouver refuge en aucune bande de fréquences. Essayez donc de tenir un dialogue près d'une chute d'eau ! Le promeneur avisé fera quelques pas en arrière (sans même y penser) pour diminuer le niveau du masque.

A Versailles, les fontaines joliment installées dans le parc royal, outre le rafraîchissement si nécessaire qu'elles dispensent pour calmer les ardeurs de l'été, doivent permettre aux courtisans et courtisanes de se chuchoter quelques confidences sans risquer d'être compris par quelques rivaux indiscrets et frôleurs. Fontaines et ruissellements, vous fûtes leurs complices ! Myriades de gouttelettes, pluies opportunes, que n'avez-vous dissimulé !

Dans le domaine musical, l'effet de masque doit être compris et dompté par le compositeur. A chaque instant, les instruments se recouvrent les uns les autres, des alliages de timbres se forment, par mixage acoustique. Les sons de combinaison, les battements, les recouvrements de tessiture, les consonances et les dissonances constituent la pâte à modeler (basique) du musicien.

Ainsi, dans le "Boléro", Maurice Ravel doit doubler la caisse claire au milieu du morceau.



Fig. 7 : Myriades de gouttelettes, pluies opportunes, que n'avez-vous dissimulé !

Sans cette précaution, elle eut été noyée par la montée de l'orchestre. La caisse claire, avec son facteur de crête élevé, avec sa bande passante proche d'un

En résumé, l'effet de masque est prépondérant dans une bande qui déborde largement le spectre de l'instrument : il est négligeable si le son masquant est petit, mais il croît plus vite que le niveau du masque lui-même. Enfin, les graves sont les plus prégnants, les aigus les plus fragiles (fig. 5).

Dans le domaine « audio-ophile », l'acoustique du local, les formants réhibitoires des haut-parleurs (résonances mécaniques, colorations de membranes, toniques de coffrets) modifient l'équilibre tonal d'une installation stéréophonique. Il est absurde de se contenter des courbes en fréquences glissantes habituellement proposées par les constructeurs. Sans doute, donnent-elles une indication générale sur les qualités minimales d'un système. Mais elle sont insuffisantes. En envoyant des salves de bruit rose, on doit pouvoir mesurer les résidus spectraux d'extinction. Un formant persistant crée un déficit auditif

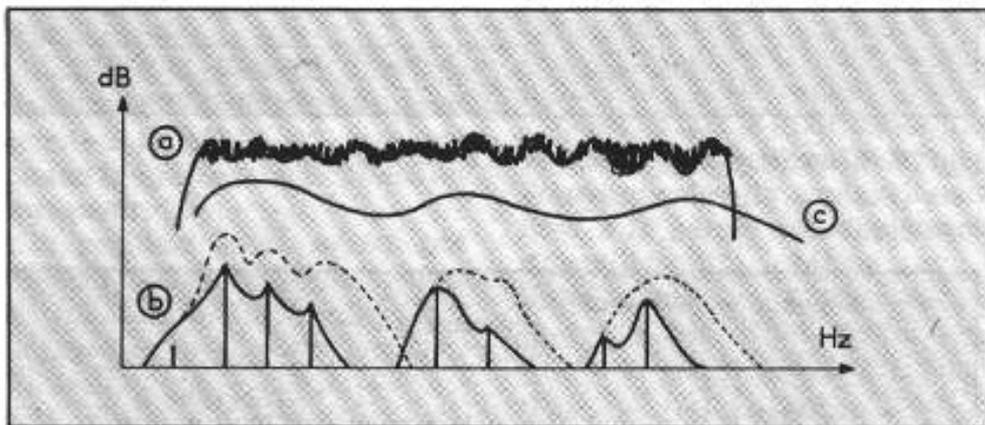


Fig. 8 : a) Courbe en bruit rose d'une installation. b) Résidus d'extinction et effet de masque y afférent (en pointillés) de ce bruit rose pour chacune des trois voies d'une enceinte par exemple. c) Courbe tonale apparente du système.

bruit blanc coloré, joue un rôle trop important dans cette pièce (ostinato rythmique) pour la laisser s'enfoncer dans la densité instrumentale. Cet exemple, par trop connu, ne doit pas faire oublier qu'à chaque mesure d'une partition, cette question reste posée à tous les compositeurs. Elle doit être résolue par l'étagement, le nombre et la force des instruments.

dans le 1/3 d'octave immédiatement supérieur. L'appréciation subjective d'une installation doit inclure les effets de masque apportés par les formants résiduels, cf. fig. 8.

### Fusion, localisation

L'écoute binaurale offre la possibilité d'isoler dans la totalité de l'espace une zone (d'un angle solide déterminé) en dehors de laquelle, le phénomène

sonore, toujours perçu, ne trouble pas l'attention. Cette zone, intentionnelle, peut être relaxée, dans l'écoute flottante ou continuellement dirigée, dans l'écoute — tracking.

L'écoute focalisée a été nommée par Von Békésy « espace de présence ». L'écoute zonale pré suppose la fusion des deux images  $I_G$  et  $I_D$  reçues par les oreilles gauche et droite. La zone fusionnée définit précisément l'« espace de présence ».

Bien que la perception persiste en dehors de la zone volontairement fusionnée, notre conscience peut marginaliser ce qui s'y trouve, dans la mesure où le son ambiant n'est pas trop intense, auquel cas, l'écoute devient pénible, voire impossible.

Les différences interaurales de temps ( $\Delta t$ ), les différences interaurales d'intensité ( $\Delta i$ ) ont été décrites classiquement comme les bases opératoires du calcul, par le système auditif, de la localisation des sources sonores (5).

Mais il semble qu'on puisse y ajouter d'autres éléments. La parole, comme tous les sons complexes, est localisée par l'enveloppe dynamique instantanée qui joue un rôle au moins aussi important que le décalage de phase ou d'intensité. Et surtout, les petits mouvements de

(4) La largeur de la bande critique varie en parallèle avec le seuil différentiel de fréquence (la DJPF), ce qui laisse à penser que tous deux suivent la discrimination fréquentielle de la membrane basilaire, discrimination tributaire de la mécanique cochléaire.

(5) Voir « le concert et son double », deuxième partie, in « L'Audio-ophile » n° 2. S'y trouve un résumé des conceptions classiques quant à la localisation.

(6) C'est du moins la thèse scientifique soutenue par Benjamin Bernfeld in « Ecoute spatiale et stéréophonie », Université de Strasbourg, 1975. Se rappeler que le repérage spatial est vital pour les animaux (alerte, appel sexuel, marquage de territoire).

tête, mouvements dans les trois plans (vertical, transversal, sagittal) paraissent aussi nécessaires que les mouvements de l'oreille externe chez certains animaux (6).

Si le traitement statique interaural peut dégrossir le problème de la localisation, il ne peut rien sur la *stabilisation apparente* du monde auditif. Lorsque l'auditeur fait face à une source oblique, les  $\Delta i/\Delta t$  sont abolies quant à cette source, mais tous le paysage sonore a tourné avec la tête ! La stabilité perçue du monde sonore suppose que les mouvements de la tête soient traités par les centres nerveux de la localisation. Ainsi, à chaque mouvement de tête, le cortex moteur envoie une *efférence motrice* aux muscles du cou et une *copie d'efférence* (pour information) au cervelet, carrefour de la stabilisation des informations sensorielles. L'*afférence auditive*  $\Delta i/\Delta t$  modifiée par la rotation de la ligne des tympan est ainsi compensée par un signal de correction (copie d'efférence). Par ailleurs, des signaux auxiliaires venus des capteurs sensibles à la contraction des muscles (propriocepteurs du cou) ou des canaux semi-circulaires (oreille vestibulaire) confirment avec précision le mouvement réel effectué par l'ensemble tête-oreille (signaux de réafférence). La fig. 9 résume le dispositif.

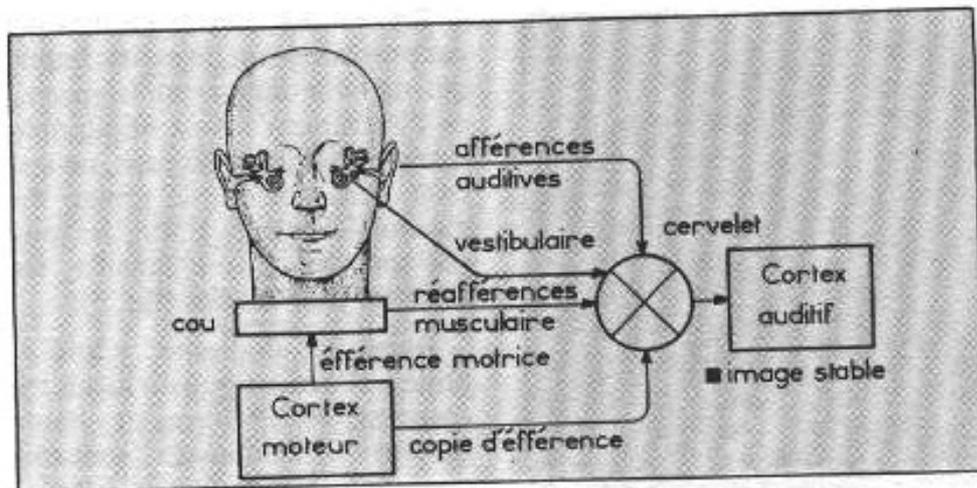


Fig. 9 : La stabilisation du champ auditif est sensori-motrice.

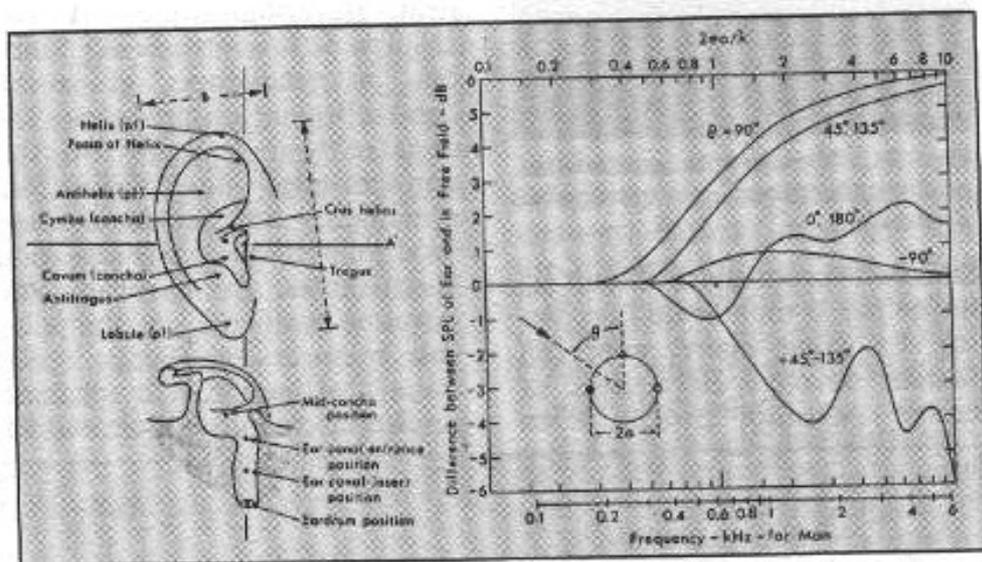


Fig. 10 : L'oreille, filtre directionnel (d'après Shaw).

Et c'est dans ce cadre de référence que les petits mouvements inconscients de la tête (3° environ) contribuent *dynamiquement* à l'écoute spatiale.

En calculant la dérivée des  $\Delta t$ , l'ambiguïté avant/arrière est levée. La localisation **devant** est obtenue quand la dérivée est positive, la localisation **derrière** quand elle est négative (cf. Bernfeld, cp cité, p. 40 et 41).

Par ailleurs, le pavillon externe, dont la mobilité s'est réfugiée dans le cou, joue avec ses replis et sa conque comme fil-

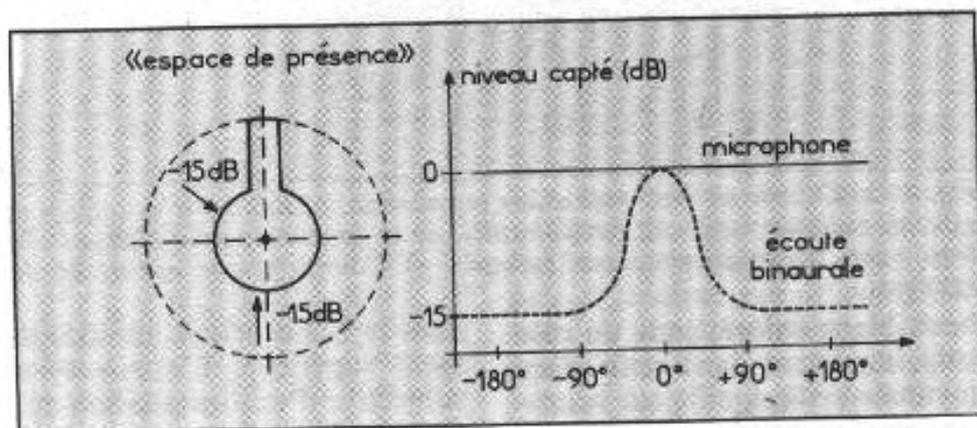


Fig. 11 : a) Ecoute humaine : les sons non situés dans l'espace de présence sont inhibés d'une quinzaine de dB. b) Ecoute microphonique (omni). Les sons captés viennent de toutes les directions.

tre directionnel, cf. fig. 10. L'enrichissement ou l'appauvrissement spectral — si minime soit-il — dû au petit mouvement combiné des deux pavillons

devant la source est décodé comme information supplémentaire  $\Delta i'$ . La modification spectrale, corrélée à la nouvelle orientation des lobes externes (7)

participe à la tâche complexe de la localisation.

## Démasquage

Une fois le son détecté et localisé, l'appareil auditif focalise (écoute zonale) et identifie (reconnaissance des formes). Le son écouté bénéficie des commodités du **démasquage** (masking level difference). Dans le cas le plus favorable, l'amélioration de la détection, par rapport à l'écoute monaurale atteint 25 dB.

Plus généralement l'amélioration atteint une quinzaine de décibels. Les sons d'ambiance, non situés dans la « zone de présence » sont comme refoulés. L'effet de masque diminue d'autant et avec lui la réverbération réelle qui semble plus atténuée. Il s'ensuit une amélioration (un « dégraissage ») sensible pour les sons intentionnellement écoutés, cf. fig. 11.

Le démasquage (MLD) dépend de nombreux facteurs :

- l'écart entre la bande de bruit masquant et la bande fréquentielle écoutée,
- l'azimut du masque par rapport à la direction du son écouté : le MLD est maximal quand la source est à l'opposé du masqueur,
- la position de la source par rapport au plan frontal ; une source oblique est moins bien dégagée qu'une source frontale : il est fatigant d'écouter de travers. Enfin, l'orientation optimale de la source vers l'auditeur accroît sa lisibilité (8).

## Intelligibilité

La reconnaissance des formes est plus facile sur des sons bien définis, aux contours et timbres bien dessinés, que sur des signaux furtifs, sans formants colorés. Qu'est-ce qui ressemble plus à un « choc » sinon un « toc », un « plof », un « cloc » ou un « croc » ?

Les formes fortes et prégnantes s'emmagasinent mieux en mémoire et émergent plus facile-

ment d'un brouhaha.

S'agissant de la parole, le démasquage (auditif) est redoublé par la « réparation phonémique » (supra-auditive), non sans une dépense mentale. L'intelligibilité du message est magnifiée.

« *L'ouïe humaine s'est surtout adaptée à la reconnaissance distincte des modalités du son vocal, telles qu'elles apparaissent dans le langage, dont l'utilité sociale est si considérable.* » (9).

De sorte que le décodage de la parole suit un double trajet (10).

• Un trajet *prosodique*, d'où est extrait le rythme, l'articulation, l'intonation, le timbre, l'accent, portés par la voix. L'élocution renseigne sur l'identité (l'empreinte vocale vaut comme visage auditif) sur les conditions de la communication (état émotionnel, force ou mollesse illocutionnaires) et les intentions (voilées ou affirmées) du locuteur.

• Un trajet *phonétique*, d'où est extrait le phonème (voyelle ou consonne) le segment vocalique (seg-men-vo-calic) qui conduit par assemblage ou fragmentation aux mots (le lexique) et par-delà, à la phrase sensée.

C'est ici que le stock lexical (le vocabulaire appris) ou les formes grammaticales (la syntaxe) rendent à la parole un supplément d'intelligibilité. Même av... quelq... brib... la ph... este... préhen... ble. Tout dépend du degré de prévisibilité du message : d'inc... ores... dées... ertes... dor... fur... ment (d'incolores idées vertes dormaient furieusement). Et de la détérioration du signal.

De sorte que si le bruit est trop fort devant la voix nous ne pourrions plus suivre la conversation. La charge mentale est trop élevée.

Pierre Schaeffer a résumé simplement le double trajet du décodage de la parole par une boutade instaurant un seuil d'émergence et un seuil d'intelligibilité :

« *Je vous ai ouï malgré moi, (je vous ai détecté et identifié)*

*sans écouter à la porte (sans porter attention) mais je n'ai pas compris (intelligibilité) ce que j'entendais (émergence).* »

L'intelligibilité apparaît donc comme un phénomène largement supra-auditif, qui mobilise la **compétence linguistique**, mobilisation tournée vers la synthèse et la réparation des chaînons manquants. La « restauration phonémique » fait percevoir à l'auditeur des phonèmes physiquement absents ou noyés dans le bruit.

## Adaptation auditive

Aux effets positifs du démasquage sur l'émergence et l'audibilité, il faut ajouter les régulations adaptatrices. Dans un environnement calme, les sons faibles (< 30 dB) sont oubliés. Un mécanisme proche d'un noisegate physiologique rejette les sons peu intenses et stables (c'est-à-dire les sons éloignés et immobiles). En présence de sons forts, l'oreille se protège en élevant le seuil d'audibilité (concentration en potassium dans l'organe de Corti). L'**adaptation** est centrée sur la bande de fréquences correspondant au stimulus. Elle atteint rapidement sa valeur maximale (en 2 ou 3 minutes) et reste constante pendant toute l'exposition. La récupération commence dès l'arrêt du son et a lieu en moins d'une minute. Entre-temps l'impression de *silence profond* prévaut... cf. fig. 12.

(7) On lira, in « Handboock of sensory physiology », l'article de Edgar Shaw « the external ear », article d'où sont tirés les schémas de la figure 10.

(8) Consulter l'article de Nathaniel I. Durbeck and Steven Colburn « Binaural phenomena » in « Handbook of perception », « Hearing », éd. Carterette.

(9) Maurice Pradines, « La fonction perceptive », Gonthier, 1981.

(10) Le signifiant et le signifié, diraient les linguistes. J.S. Liénard in « Les processus de la communication parlée » (Masson 77) adopte une autre analyse.

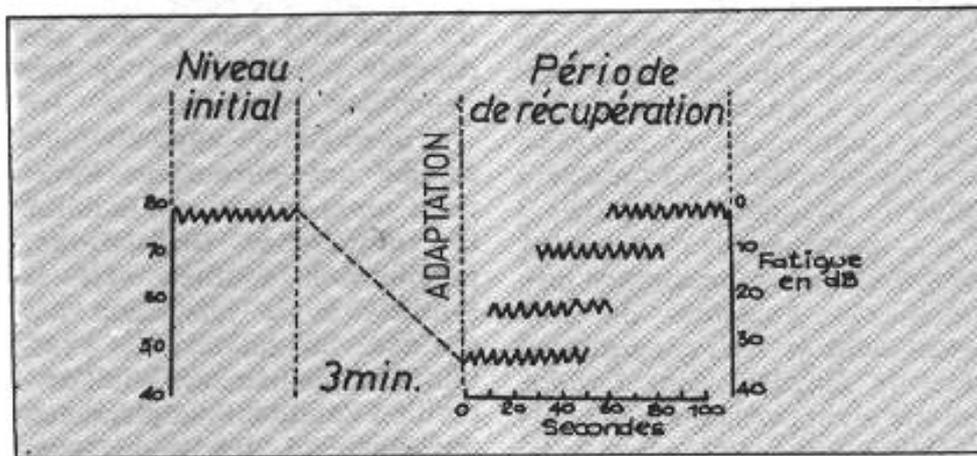


Fig. 12 : Adaptation de l'oreille aux niveaux élevés (d'après Valcic).

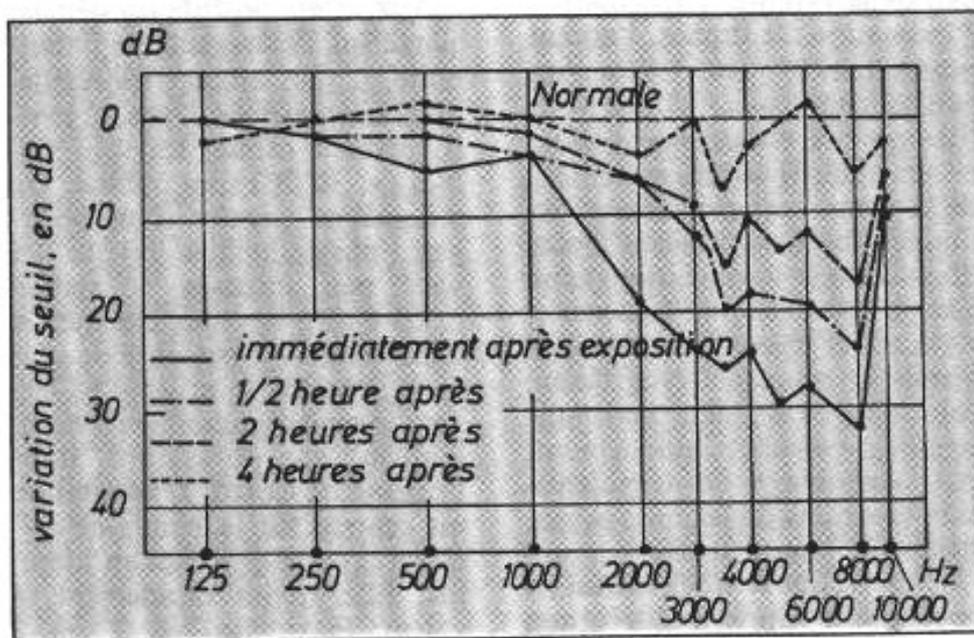


Fig. 13 : Fatigue auditive. Réversibilité de la perte d'audition (d'après Stevens).

Pourquoi il est impossible de noter les partitions en termes de niveaux absolus (dB, phones ou autres) ? Parce que l'oreille ne cesse de s'adapter au contexte dynamique : *piano, subito forte, poco a poco crescendo, ff, mf*, jouent dans un contraste successif et non dans des valeurs définitivement figées.

Si le son se prolonge dans une forte intensité, la **fatigue auditive** apparaît. Phénomène d'origine métabolique (manque d'oxygène cochléaire), la fatigue se développe plus lentement que l'adaptation, mais se résout aussi moins vite. Une fatigue répétée de l'ouïe débouche sur

un déficit irréversible (surdité professionnelle), cf. fig. 13.

Par ailleurs, l'oreille fatiguée perçoit les sons moyens plus forts qu'ils ne sont en réalité : il y a *recrutement* (la sonie croît plus vite que le niveau sonore) (11).

Nous n'aborderons pas ici les problèmes de la durée, qui sont si importants dans le champ auditif. Nous espérons pouvoir les évoquer dans une autre étude.

### La perspective sonore

Aussi hétérogène soit-il, le champ auditif propose une perspective, sans doute moins rigoureuse que la perspective visuelle mais complémentaire et souvent

décisive dans la conduite de la vue.

Assujetti à la projection conique centrale, l'œil forme une perspective naturelle, c'est-à-dire une image reliée à un point de vue. Mais cette image qui troue la profondeur et balaye la largeur, n'est de bonne qualité qu'au centre du champ visuel. Le regard ne se porte qu'en un lieu à la fois : il examine *séquentiellement*.

L'ouïe déborde le sens visuel, en formant de l'espace environnant une représentation *omnidirectionnelle et simultanée*. Cette représentation, soucieuse de la réalité « topographique », obéit à une géométrie empirique, accumulée par l'expérience sensorimotrice.

### Repérage de la direction

Les sources ponctuelles, surfaciques ou étalées (12) se distribuent à l'entour du point d'écoute dans un champ auditif stabilisé. Le traitement statique et dynamique des différences interaurales ( $\Delta i$ ,  $\Delta t$ ) permet la reprojektion, dans la bonne direction, du son entendu, cf. fig. 14.

### Repérage du site

Le site d'une source est calculé par le changement de volume sonore, l'intensité faible ou forte reçue par l'oreille, mais seulement après identification de

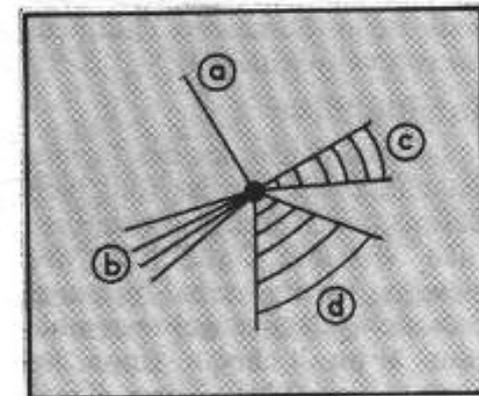


Fig. 14 : Repérage directionnel. a) Source ponctuelle. b) Sources ponctuelles multiples. c) Source étalée. d) Source étendue.

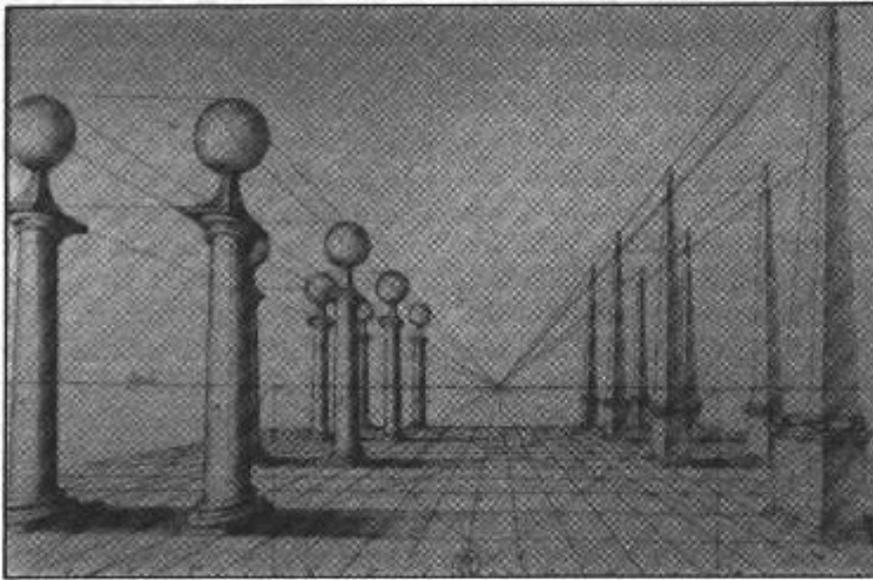


Fig. 15 : La perspective linéaire des peintres.

Critères monauraux	Critères binauraux	Indices non auditifs
Grandeur familière	$\Delta I, \Delta t$	Petits mouvements de tête
Volume variable	différences interaurales	Frontalisation de la source
Flou/piqué	Accommodation fusionnelle	Accommodation latérale ( <i>tensor tympani</i> )
Gradient de timbre	(déplacement de l'écoute zonale)	* Vision de la source
Réverbération		

Fig. 15 bis : La perspective binaurale réalise la triple géométrie de l'écoute spatiale : position, grandeur, orientation.

l'objet sonore, dont la **grandeur familière** sert de référence. La mémoire auditive intervient pour comparer l'*image perçue* avec l'*image-poids* obtenue par fréquentation de l'objet à différentes distances, certifiées par la vue. Ceci correspond à la « perspective linéaire » des peintres, à la décroissance des dimensions dans la distance, cf. fig. 15.

S'y ajoute la perspective « aérienne ». Avec l'éloignement, l'objet sonore forme une image spectralement différente, elle se décolore par les deux bouts du spectre (moins de graves, perte des extrêmes aigus, cf. courbes isosoniques de la fig. 1). Le timbre s'appauvrit toutefois plus vite par les basses que par les aigus. Avec l'éloigne-

ment, le son perd aussi du détail, il diminue en tactilité, en mordant (le grain) et en tranchant (compression des crêtes, amollissement de l'enveloppe dynamique). Une partie de l'énergie est dissipée en chaleur, tandis que la viscosité de l'air absorbe (non linéairement) les aspérités de l'onde.

La perspective aérienne, bien connue des promeneurs esthètes, participe, de fait, à la structuration de la profondeur. Le détimbrage, l'émoussement du piqué, indiquent, au même titre que la diminution du volume, la distance absolue de l'objet.

Pourtant, un autre élément, secondaire pour la vue, va jouer un rôle déterminant pour l'oreille : la **réverbération**.

Le rapport entre champ diffus et champ direct (entre *noyau* du son et *halo* des lieux) est analysé pour situer le site de la source, sa distance apparente. Et surtout, ce critère joue un rôle décisif dans l'*étagement relatif* de plusieurs sources posées à différentes distances ( $\frac{N}{h}, \frac{n}{h}, \frac{n}{H}$ ).

### Répérage de l'orientation

L'ouïe, identifiant la direction et la distance, doit aussi évaluer l'orientation relative de la source sonore. Le timbre (la netteté) change selon l'angle que fait l'objet sonore avec le point d'écoute. La plupart des sources étant directionnelles (au moins dans l'aigu), elles sont affectées d'un **polychroïsme** (13). Des micro-différences de spectre  $\Delta S$  sur l'aigu suffisent à compléter le tableau perspectif. Le  $\Delta S$  sera interprété par rapport à l'*image-poids*, avec une certaine imprécision, mais surtout par rapport au *mouvement* : une variation de spectre  $\Delta S$  est entendue comme pivotement de la source, si au même moment, le spectre grave reste identique en niveau. Un tableau résume les critères de la perspective, cf. ci-contre.

### Perception des trajectoires

Le son, comme l'imagemouvement, procède de la durée. Une fois acquis les repères environnementaux (mémoire spatiale immédiate), l'ouïe observe et décode les changements, les mouvements, les déplacements dans l'espace auditif ainsi constitué.

(11) Cf. « Le bruit et ses effets nocifs », Ivan Valcic, Masson 1980.

(12) Est **ponctuelle** une source qui ne dépasse le pouvoir séparateur de l'oreille (minimum d'angle audible,  $MAA = 2^\circ$ ) ; est **étalée** une source qui excède largement le pouvoir séparateur envisagé dans les pires conditions ( $> 10^\circ$ ), soit une source de plus de  $30^\circ$  d'angle.

(13) **Polychroïque** : se dit des corps dont la coloration change avec la direction selon laquelle on les observe (terme d'optique).

Les modifications du perçu ont deux causes : celles venues du **champ-objet**, concernant le *rayonnement* et la *propagation* des sons-sources : affaiblissement ou renforcement de l'intensité par éloignement ou rapprochement, gradient de texture (grain, piqué, netteté) variable avec la profondeur, gradient de timbre (déperdition inégale des harmoniques) selon le site ou l'orientation de la source dans son rapport au point de capture ; la balance champ direct/champ diffus évolue continûment quand la source change de distance, enfin l'effet Doppler qui accompagne tout émetteur en mouvement, perturbe le spectre (les fréquences) d'un corps sonore mobile (ex. : klaxon d'ambulance passant rapidement).

Celles, venues de la *perception* elle-même et qui tiennent à l'**appareil auditif**, à la capture : l'enrichissement ou l'appauvrissement *spectral* dû aux courbes isosoniques (modification par les deux extrémités du spectre quand l'objet grossit ou diminue en volume, les basses variant plus vite), la variation relative de l'*effet de masque* entre deux émetteurs sonores (le masquant devient masqué ou, à tout le moins, l'effet de masque bouge et avec lui le démasquage relatif), la variation des différences interaurales (la direction apparente se déplace).

Les deux systèmes s'enchevêtrent, s'interpénètrent pour le calcul des trajectoires. En se renforçant mutuellement, les modifications du champ-objet et les variations de l'image esquissent une vitesse, une direction. *C'est alors que le déjà connu fait retour sur le perçu*. En effet, une fois identifié l'objet sonore n'est plus autonome : il se nourrit des propriétés qu'on lui connaît. L'**indice** (bruit de pas ?) est transformé en **représentation** (la personne qui marche). La connaissance préalable des lois de la

mécanique, des propriétés cinétiques ou balistiques, permet de « voir venir » le parcours d'un bolide, de « prévoir » le trajet, le mouvement d'un mobile. La représentation est chargée de ses possibles (les affordances (14)) parce que l'intelligence peut les évoquer, et même les réduire, puisque le contexte restreint les hypothèses multiples à un jeu simplifié de solutions. De sorte qu'il suffit d'échantillonner sommairement la trajectoire pour valider l'une d'entre elles. Seuls, la mouche, le moustique, le bourdon — imprévisibles — échappent — hélas ! — à la localisation.

Ainsi, quand une source s'éloigne obliquement en chaloupant,  $\Delta S$  varie en godillant, le volume décroît globalement, le timbre se décolore par les graves, l'aigu s'émousse, le halo s'accroît, la dynamique est laminée, le  $\Delta i \Delta t$  varie continûment pour une trajectoire transverse. L'ensemble, grand consommateur de matière grise, confectionne un espace vivant, rempli de déplacements, de vitesses et de directions de mouvements (15).

## Le champ phénoménal

L'espace étant constitué, on peut s'interroger à présent sur la manière dont il est vécu dans son *apparaître à la conscience*. La structuration de l'écoute spatiale a été décrite par la théorie standard.

*Au loin*, les bruits de fond, les ambiances, la lisière de la forêt sonore. Soulignons que le background n'est au fond que la trace de la complexité sociale, amenée par la contingence du point d'écoute à se manifester en « climat » auditif plus ou moins prégnant... De ce bruit de fond, annulé par l'inattention, émerge parfois un intrus qui, identifié, est laissé à sa trajectoire ou pris en considération.

*Au près*, les sons adventices, ceux du territoire immédiat.

Soulignons que l'espace rapproché est très élastique, que le territoire est à géométrie variable : de la propriété privée à l'habitable d'une voiture, de l'appartement au bureau, jusqu'au compactage du métro, le champ proximal est investi en proportion des événements qui peuvent s'y dérouler. L'attention, la charge mentale s'adaptent aux diverses pratiques sociales.

*Au plus près*, la voix. Il s'agit d'une proximité psychologique, paroles, soupirs, chuchotements, cris attirent l'oreille vers la voix. Le corps est impliqué par elle, par son emprise potentielle, comme si elle pouvait retentir dans le moment actuel, le modifier. Alors que les sons environnants sont perçus comme des indices, la voix est entendue comme force vivante, illocutionnaire, enrichie des puissances de la langue, des pouvoirs de la symbolisation (16). Ainsi nous serions *vococentristes* sans même avoir besoin d'y penser...

Pourtant, cette stratification du champ, qui rétablit le primat du sujet écoutant sur la chose écoutée, doit être interrogée à son tour.

Existe-t-il un **sujet-percevant-standard** ? Certes, au niveau des capteurs, du traitement primaire des sons, il y a de l'universel dans l'ouïe. Mais qu'en est-il au stade de l'association mentale et des phénomènes supra-auditifs ?

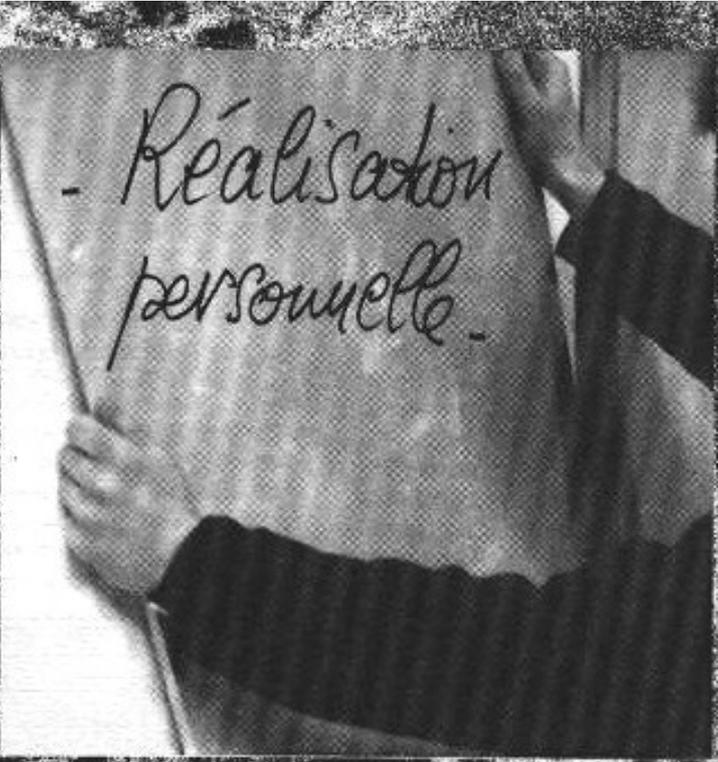
Déjà, l'émergence d'un signal dans un bruit est tributaire de l'infinité des situations dont chacune forme un rapport expérimenté entre sons masquants et son masqué. La reconnaissance d'un stimulus est également dépendante des expériences auditives accumulées ou des habitudes de la classification imagée. Or, la préparation perceptive, si fortement décisive dans la captation des phénomènes impulsionsnels ou furtifs, n'a de sens que pour une attention remplie d'un **intelligible** déjà formé et prêt à saisir. Il n'empê-



**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**



- Réalisation  
personnelle.

# TRAITEMENT ACOUSTIQUE conditionnement et isolation

**E**lément clé, l'acoustique du local est trop souvent négligée voire ignorée. Cela s'explique en large partie par le fait qu'elle implique, dans l'esprit des audiophiles, des solutions lourdes et bien souvent l'appel à des professionnels peu enclins, pour la plupart, à comprendre et à résoudre les préoccupations de confort du simple amateur de musique. Nous vous proposons deux exemples de traitement d'une mise en œuvre aisée. Deux exemples qui couvrent la large majorité des problèmes rencontrés dans un environnement domestique.

Nous avons constaté que la qualité d'écoute est directement liée au comportement des surfaces délimitant la salle et à la distribution des matériaux acoustiquement actifs. Le choix des matériaux et leur disposition en fonction des critères de temps de réverbération, de forme de réverbération, de distribution spatiale du champ sonore, de réponse transitoire, d'établissement d'échos, constituent l'ensemble de procédés et de techniques intégrés dans le conditionnement acoustique de la salle. Il est nécessaire maintenant de bien préciser deux concepts physiquement élémentaires, lesquels, nous l'avons trop souvent noté, sont appréhendés de manière confuse dans l'esprit des gens.

— Le **conditionnement** de la pièce est strictement indépendant de ses performances en **isolation**. Une salle peut montrer un comportement acoustique *interne* très convenable tout en étant peu isolée de l'environnement. Dans un autre contexte, une salle parfaitement *isolée* du milieu externe peut se révéler très mauvaise pour l'écoute, comme conséquence d'un *conditionnement* défectueux. L'isolation et le conditionnement relèvent de deux disciplines assez proches mais néanmoins différentes, et les matériaux employés peuvent être spécifiques, présentant parfois des propriétés physiquement opposées.

— En termes de conditionnement **tout matériau est « acoustique »** en soi ; il n'existe pas une famille de « **matériaux acoustiques** » par opposition aux autres. Dans le langage commun, on emploie cette dénomination pour désigner les matériaux à *forte absorption*, sachant que dans certaines conditions on ne cherche pas à absorber sans discrimination et que souvent on désire l'effet contraire.

Pour nous un « matériau acoustique » est tout simplement celui dont nous connaissons par-

faitement le comportement.

Il est donc évident que l'exécution d'un conditionnement demande une connaissance préalable des caractéristiques acoustiques de la salle en question pour procéder à une correction dans le sens voulu avec les matériaux les mieux adaptés. Dans le cas contraire, il faut procéder par tâtonnements successifs mais néanmoins organisés de manière systématique autour de l'expérimentation avec quelques matériaux sélectionnés.

Nous reviendrons plus tard sur les principes de base mais pour le moment il suffit de retenir que la capacité d'absorption d'un produit est défini par une valeur  $\alpha$  en fonction de la fréquence. Un  $\alpha = 0$  représente la réflexion totale tandis qu'une valeur  $\alpha = 1$  désigne l'absorption complète, même si en raison de certains artifices mathématiques, on peut trouver des coefficients d'absorption supérieurs à l'unité, ce qui peut troubler le non-initié qui regarde une courbe d'absorption obtenue à partir de concept de Sabine.

Dans l'approche pratique d'aujourd'hui, nous rappelons que trois systèmes sont responsables de la capacité d'absorption acoustique d'un élément donné :

- absorption par frottement visqueux,
- absorption par effet de membrane résonante,
- absorption par cavité accordée.

Dans le premier groupe, nous trouvons les matériaux fibreux, les mousses techniques et tous ceux qui présentent des pores permettant une dissipation de l'énergie acoustique sous forme de chaleur.

Pour fixer les idées, il convient de se reporter aux fiches techniques d'un groupe de matériaux que nous avons particulièrement étudié figures 1 à 8. Dans une grande quantité de réalisations pratiques nous avons habillé le

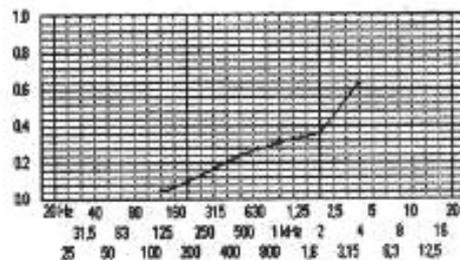


Fig. 1 : Ce matériau résulte de l'assemblage d'une mousse minérale et d'un parement de structure alvéolaire en Clévyll non feu, ouvert à 65 % et non lisse.

Le classement M1 des deux constituants en fait un matériau de haute sécurité, qu'il soit attaqué par le feu sur l'une ou l'autre de ses faces. Epaisseur : 10 mm

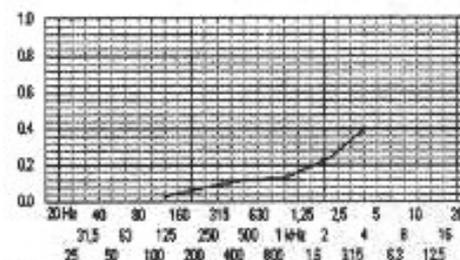


Fig. 2 : Ce matériau est du même type que celui de la figure 1 mais en épaisseur 5 mm.

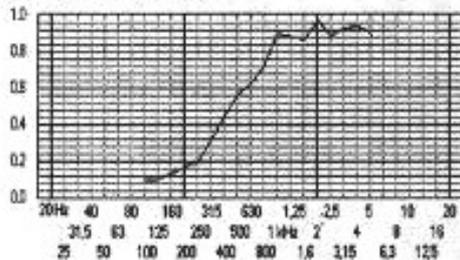


Fig. 3 : Ce matériau est composé de mousse polyuréthane à cellules ouvertes et de fibre de verre au tissage spécialement conçu pour l'absorption acoustique. L'assemblage de ce complexe se fait par soudure d'une épaisseur des cellules de la mousse sur les fils. Aucune obstruction ne se produit entre les fils du tissu, donnant ainsi au produit une efficacité maximum. Classement au feu : M1. Epaisseur : 20 mm.

matériau de base avec du tissu tendu traditionnel, ce qui constitue une bonne association entre les performances acoustiques et le respect d'une logique exigence esthétique.

Nous remarquons, d'après les courbes, que cette famille de matériaux présente une absorption qui monte progressivement

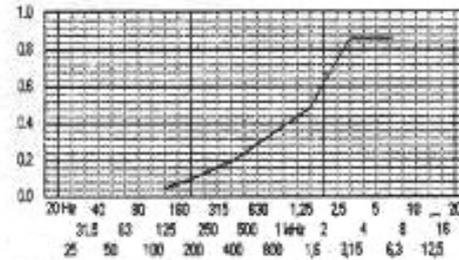


Fig. 4 : Ce matériau est du même type que celui de la figure 3 mais en épaisseur 10 mm.

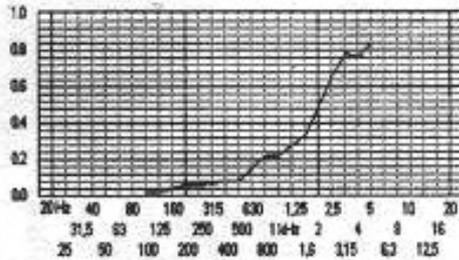


Fig. 5 : Ce matériau est du même type que celui de la figure 3 mais en épaisseur 6 mm.

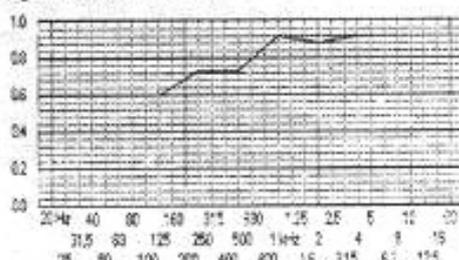


Fig. 6 : Dalles en fibres minérales obtenues par le procédé twin (support wetfelt + sturry). Epaisseur : 19 mm. Caractéristiques techniques : Masse surfacique : 7 kg/m<sup>2</sup>. Réaction au feu : M0 incombustible. Isolation thermique : 0,05 W/m<sup>2</sup> C.

en fonction de la fréquence, cette caractéristique doit être considérée dans la recherche d'un équilibre sonore satisfaisant dans une salle destinée à l'écoute musicale où une atténuation trop importante de l'aigu nuit à la qualité de reproduction. Nous attirons l'attention du lecteur sur un exemple assez singulier où un

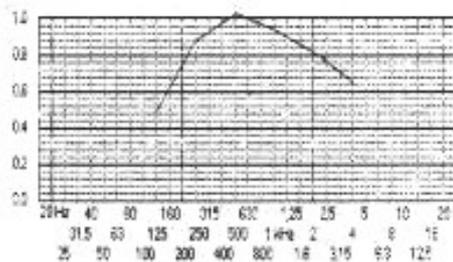


Fig. 7 : Panneau à forte absorption acoustique autoportant en fibres minérales manufacturées à partir de roches naturelles métamorphiques, surfacé par thermocollage des deux côtés par un voile de verre (épaisseur 0,4 mm) non tissé. Epaisseur : 50 mm. Caractéristiques techniques : Masse volumique : 65 kg/m<sup>3</sup>. Masse surfacique (50 mm) : 3,250 kg/m<sup>2</sup>. Réaction au feu : M0 incombustible (P.V. n° 2197-82 du C.R.B.).

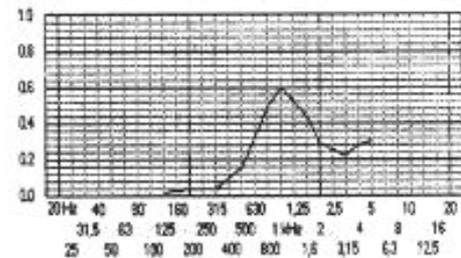
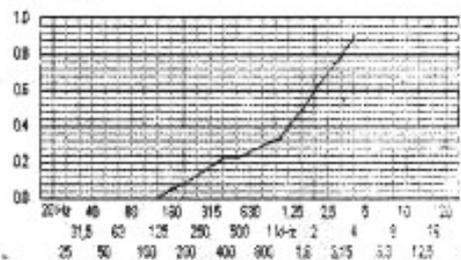


Fig. 8 : Revêtement constitué d'une mousse isolante à cellules fermées (latex S.B.R.) en sous-face, protégée par une feuille polyester non tissée enduite. Ce matériau de conditionnement peut être utilisé seul ou recouvert d'un revêtement textile mural, d'un papier peint, d'une peinture pochée ou d'un crépi. Epaisseur : 5 mm, courbe du haut. Epaisseur : 10 mm, courbe de bas.

produit constitué d'une sous-couche de mousse SBR et d'une surface rigide présente, pour une épaisseur de 10 mm, une absorption à haute fréquence moins importante que celle qui caractérise le même produit avec 5 mm d'épaisseur. Dans ce cas, l'association d'une membrane avec l'élément élastique nous éloigne

Elément étudié	Coefficient d'absorption			
	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz
Marbre	0,01	0,01	0,01	0,01
Enduit lisse	0,01	0,02	0,02	0,02
Staff	0,12	0,08	0,05	0,04
Porte isoplane	0,22	0,17	0,09	0,10
Vitrage sur châssis courant	0,25	0,18	0,12	0,07
Parquet collé	0,04	0,06	0,06	0,06
Carrelage	0,01	0,02	0,03	0,04
Moquette sur béton	0,08	0,21	0,26	0,27
Chaise nue	0,02	0,03	0,04	0,04
Fauteuil capitonné	0,37	0,33	0,36	0,40
Adulte debout	0,33	0,40	0,50	0,60

Tableau 1 : Comportement acoustique d'un groupe de composants courants de l'aménagement d'une pièce.

de la méthode d'absorption simple par frottement visqueux et la courbe en cloche du produit présenté en 10 mm montre l'effet de filtres superposés qui peut réserver des surprises après un travail de correction acoustique imparfaitement conçu.

L'expérience acquise et la disponibilité réelle de produits à valeur acoustique précise, nous a conduit à travailler sur la conception de systèmes d'absorption par résonateur, agissant à basse fréquence (où les problèmes sont les plus fréquents) et capables d'être réglés dans différentes plages de travail. L'idée est de disposer d'un système de filtres acoustiques réglables, de la même manière que nous nous servons les filtres électroniques passe-bande. L'étude est en cours, nous vous tiendrons au courant du résultat de notre recherche.

Nous indiquons dans le tableau 1 le comportement acoustique des éléments les plus courants jouant un rôle dans l'établissement du champ sonore dans une pièce normale. Ces données aident à « travailler » expérimentalement l'acoustique d'une salle d'écoute.

## Un exemple d'égalisation passive

La (bonne) acoustique d'une salle, qui est à l'origine de la structuration de l'image sonore à partir des signaux délivrés par les haut-parleurs, est obtenue suite à une judicieuse distribution des matériaux mis en œuvre lors du conditionnement, suivie d'une recherche minutieuse des emplacements respectifs des enceintes acoustiques d'une part et de la zone d'écoute d'autre part.

Dans le précédent numéro, nous avons montré, courbes à l'appui... que la salle d'écoute devait recevoir un conditionnement asymétrique sur les parois parallèles au plan des enceintes (mur arrière plutôt réfléchissant, mur opposé aux enceintes plutôt absorbant en étant schématique). Cependant, ce traitement peut être adapté au comportement acoustique propre de la salle afin de procurer une véritable égalisation passive, cela en ayant recours à des matériaux spécifiques dont les caractéristiques reposent sur les principes exposés précédemment. C'est ce qui a été fait dans le cas du traitement de la salle de M. M. que nous allons vous exposer.

La courbe de réponse obtenue à l'aide d'un analyseur en temps réel tiers d'octave à partir du signal délivré par les enceintes acoustiques excitées par un bruit rose normalisé révèle des déséquilibres relativement importants (figure 9). Le renforcement marqué des basses fréquences se traduit à l'écoute par un phénomène de confusion, de masquage qui est couramment décrit par « basses fréquences qui tournent ».

Il faut noter que si un matériau absorbant par frottements visqueux ou poreux avait été employé dans l'espoir de réduire le déséquilibre spectral (comme souvent c'est le cas lors d'une mise en œuvre intuitive...), les résultats auraient été désastreux compte tenu de l'absorption croissante avec la fréquence caractérisant ce type de matériau.

La solution passe donc par la réalisation d'un résonateur qui sera l'axe de la réalisation autour duquel par approches successives, l'enveloppe de la réponse en fréquence sera modelée à notre volonté. C'est ainsi que, sur le mur du fond de la salle d'écoute, deux panneaux fléchissants de 183 x 125 cm ont été installés dégaugés de 8 cm de la surface dure. Ces deux panneaux sont fixés sur les côtés supérieur et inférieur à l'aide de vis et de chevilles traditionnelles.

La matière constituant ces panneaux est définie dans le tableau 2. Dans ce cas l'épaisseur de 10 mm. Le résonateur ainsi constitué est de type non-amorti. Rappelons toutefois que l'effet d'un amortissement fibreux dans le plenum (espace entre mur et panneau) se traduit par un élargissement de la plage de fréquence traitée accompagnant une perte d'efficacité maximale dans l'axe de fonctionnement (figure 10c). Quelques résultats d'analyse du fonctionnement de ce système de contrôle acoustique en chambre réverbérante

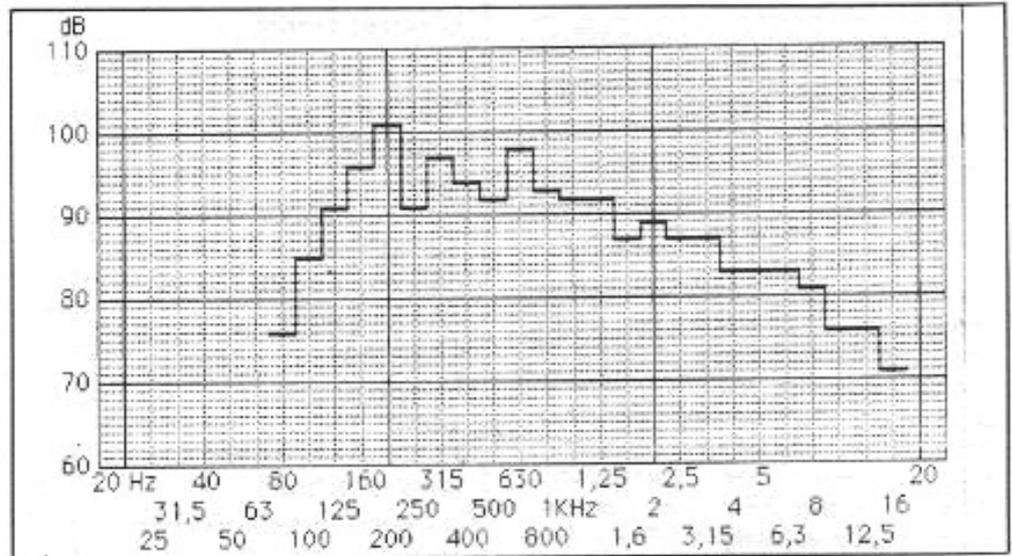


Fig. 9 : Courbe de réponse obtenue dans la salle de M. M. avant traitement. On notera les accidents de forte amplitude entre 100 Hz et 1 kHz. C'est dans cette zone que le conditionnement devra intervenir.

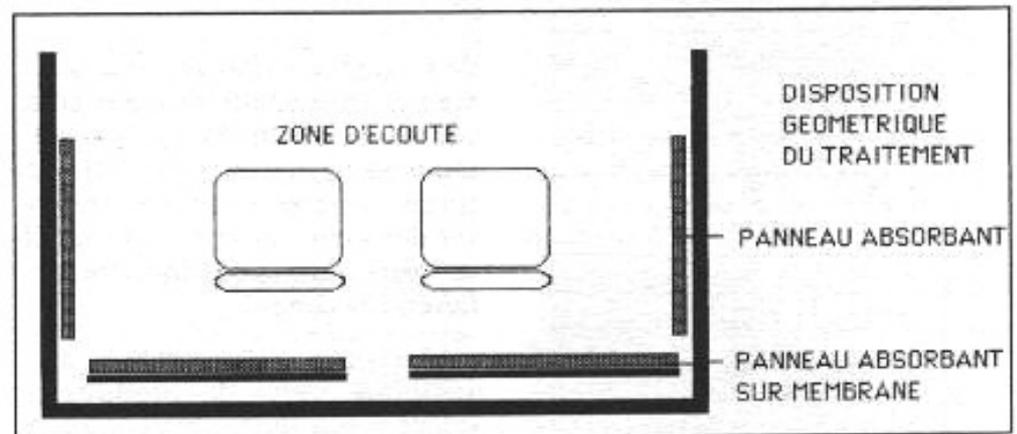


Fig. 10a : Disposition géométrique du traitement retenu pour le conditionnement de la salle d'écoute de M. M.. La dimension des panneaux est de 1,83 m x 1,25 m.

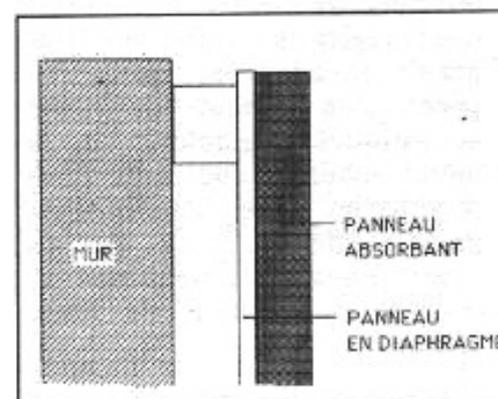


Fig. 10b : Le détail de la fixation des panneaux utilisés en membrane sur le mur d'origine et intervenant dans le bas du spectre. Le panneau absorbant qui le recouvre intervient quant à lui dans la zone médiane du spectre de fréquence.

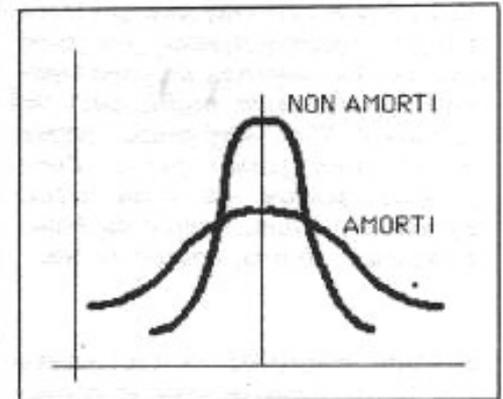


Fig. 10c : Influence de l'amortissement sur un résonateur, Notre panneau, monté en diaphragme dans le cas présent. Un amortissant fibreux placé entre le diaphragme et le mur a pour effet de diminuer l'acuité de la résonance en élargissant la zone de fréquence en termes d'atténuation.

## DONNÉES TECHNIQUES DU MATERIAU UTILISE EN MEMBRANE

DENSITE	_____	1.25 g/cm <sup>3</sup>
RESISTANCE A LA RUPTURE PAR FLEXION	_____	9.0 N/mm <sup>2</sup>
MODULE D'ELASTICITE	_____	3000 N/mm <sup>2</sup>
RESISTANCE A LA TRACTION TRANSVERS.	_____	4.0 N/mm <sup>2</sup>
RESISTANCE A LA COMPRESSION	_____	15.0 N/mm <sup>2</sup>

Tableau 2 : Caractéristiques techniques du matériau utilisé en membrane pour traiter le mur opposé aux enceintes acoustiques et linéariser la réponse acoustique dans la bande grave-médium.

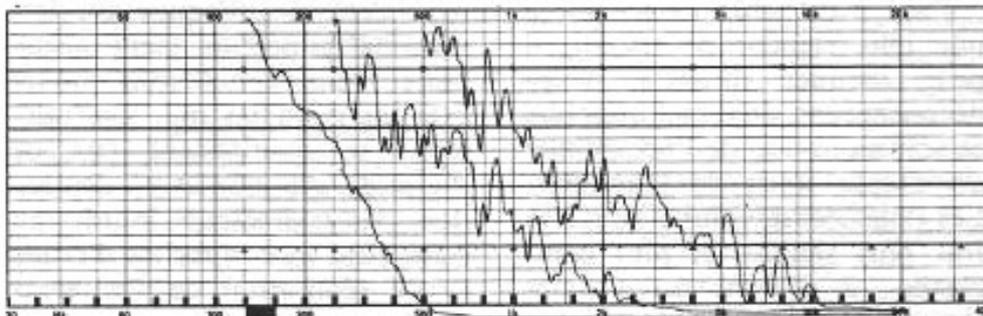


Fig. 11 : Courbes de réverbération obtenues en chambre réverbérante à 125, 250 et 500 Hz dans laquelle a été mis en place un des éléments de conditionnement basse fréquence utilisé par M. T. dans sa salle d'écoute. A noter la réduction du temps de réverbération dans les fréquences basses.

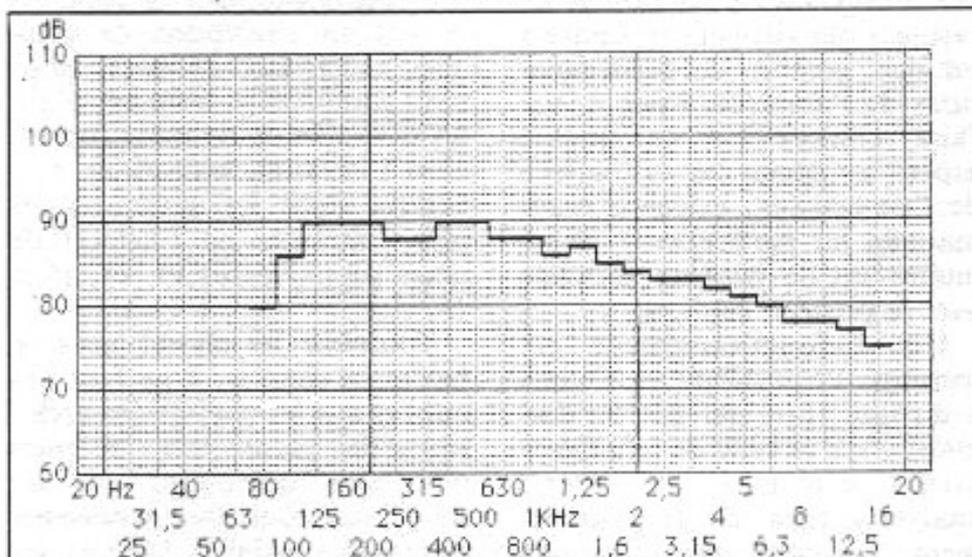


Fig. 12 : Courbe de réponse obtenue dans la salle de M. M. après installation des résonateurs et du traitement absorbant associé.

sont donnés en figure 11. On notera la réduction du temps de réverbération dans les fréquences basses et la récupération des conditions préalable de la chambre réverbérante dans les tran-

ches spectrales supérieures.

Le rééquilibrage de la courbe de réponse est suivi de l'association au résonateur de panneaux de fibres de roche fixés sur la surface visible (figure 10a et

10b). Les nouveaux éléments ainsi obtenus ont une épaisseur de 50 mm et leurs caractéristiques techniques correspondent à celles de la figure 7. Ils font partie de notre petit catalogue de base des matériaux les mieux connus et couramment mis en œuvre.

Le traitement est complété par l'installation de deux panneaux du même type sur les côtés perpendiculaires au mur du fond aux fins d'éviter les réflexions nuisibles provenant de la présence de certains aménagements dans la pièce. Le résultat final est représenté par la courbe de la figure 12, laquelle correspond à la mise en œuvre de la figure 10a. Comme nous le notions plus haut, au vu de ces résultats il est effectivement possible de parler d'égalisation passive.

## Une bonne salle est avant tout une salle bien isolée

Indépendamment de l'optimisation des conditions d'écoute dans la salle destinée à cette activité, il est souvent nécessaire d'isoler ce volume de l'environnement acoustique. Pour notre part, nous estimons que dans le contexte de l'écoute musicale de haute qualité la séparation acoustique entre la salle en question et les autres pièces de l'appartement ou de la maison, voire entre la salle et le voisinage, est un critère essentiel du confort nécessaire à la pleine utilisation d'un système de reproduction de haute qualité. Le contrôle de l'espace sonore au niveau de ses frontières est une opération préalable nécessaire à l'élimination des nuisances extérieures pouvant bien évidemment affecter la qualité de l'écoute (détérioration du rapport signal/bruit...) mais aussi au niveau des nuisances pouvant être apportées par l'écoute en ce qui concerne le voisinage. Pour satisfaire cette dernière exigence, le son reproduit doit donc,

autant que faire se peut, être contenu dans les limites de la pièce d'écoute.

L'amateur de musique est, dans ce contexte, beaucoup plus indépendant de son entourage et donc libre de profiter de son loisir préféré sans perturbations externes et avec l'assurance de ne pas transmettre sa passion au-delà de ses propres murs...

Le problème de l'isolation acoustique dans l'habitat courant fait intervenir, on le sait, un grand nombre de paramètres physiques mais aussi de situations pratiques qui sont difficilement systématisables.

Pour notre part, l'expérience acquise lors d'un grand nombre d'interventions chez le particulier amateur de haute-fidélité nous a permis de dégager des situations extrêmement courantes, à savoir :

— Nous nous trouvons généralement en présence d'une construction existante. Dans ce contexte, la constatation d'une insuffisance d'isolation, *par rapport à une activité donnée (l'écoute musicale dans le cas qui nous préoccupe ici)* nous amène à considérer un *renforcement* des propriétés initiales. Cette affirmation qui peut paraître a priori naïve de par l'évidence de la situation détermine toutefois une démarche toute particulière qui repose sur des principes, des procédés et des matériaux qui sont rarement les mêmes que ceux mis en œuvre pour une réalisation prise à son stade de projet initial.

— L'isolation finale obtenue après traitement est fonction de la méthode de renforcement choisie — laquelle contribue à fixer les types de matériaux et de procédés mis en œuvre — mais aussi du degré d'isolation existant avant travaux. Il est clair que le résultat de l'opération est la conséquence de l'association entre un ensemble de structures définies par une multitude de paramètres avec un deuxième ensemble, le renforcement rap-

porté, caractérisé par autant de critères physiques tels que masse intervenante, facteur de perte, propriétés élastiques...

— Le choix rationnel d'un procédé, ou plus largement l'établissement d'un projet de renforcement acoustique, exige donc la connaissance du comportement des éléments intervenant à l'origine dans la séparation acoustique des volumes.

— Un travail précis susceptible d'offrir des résultats prédictibles avec un haut degré de fiabilité implique une reconnaissance préalable des éléments de construction existants et la mise en œuvre d'une étude acoustique expérimentale.

Face à de telles exigences, à une telle rigueur de travail, il peut sembler illusoire, voire décourageant, de tenter quoi que ce soit au niveau de l'acoustique au simple stade de l'amateur. Les exigences de celui-ci sont à la fois plus simples et plus complexes : il cherche un « matériau » capable de résoudre un problème d'ordre acoustique dans son ensemble...

Pourtant il existe désormais des produits à caractère « généraliste » qui viennent répondre à un bon nombre de préoccupations de l'amateur. Pour mieux faire comprendre ce double aspect — démarche rationnelle de l'acousticien, exigence pragmatique du particulier — il est intéressant de faire un parallèle avec le procédé médical.

Un dysfonctionnement est constaté. Le problème est soumis à un spécialiste qui fait un diagnostic sur la base de renseignements d'origines diverses : analyses, tests de fonctionnement, mesures, quantifications de données. L'étude du problème, le savoir-faire de l'« expert » conduisent donc au diagnostic mais aussi à la détermination d'un traitement satisfaisant au mieux les conditions particulières propres au « patient » examiné. Muni de

son ordonnance, celui-ci obtient de son pharmacien le remède le mieux adapté à son problème. Il s'agit là du processus classique pour des maladies à caractère relativement spécifique. Il existe, dans le domaine médical, des médicaments efficaces, bon marché et vendus sans ordonnance qui viennent à bout d'un très grand nombre de petites maladies quotidiennes qui ne nécessitent pas l'intervention du spécialiste.

Nous allons maintenant vous présenter la mise en œuvre d'une sorte d'« Aspirine » acoustique en notant que, comme tout remède de ce type, il nous aide à retrouver un degré élevé de confort avec des risques d'effets secondaires pratiquement inexistantes. Nous rappellerons que les grandes maladies qui, généralement se manifestent par de « grands symptômes », demandent des traitements lourds qui échappent aux capacités d'étude et de réalisation de l'amateur courant.

## Un exemple d'isolation

Comme nous l'avons présenté précédemment pour le comportement en absorption de quelques matériaux de base, nous vous communiquons maintenant un ensemble de données concernant l'isolation acoustique rencontrée dans les structures les plus courantes de l'habitat de notre pays (figures 13, 14, 15 et 16).

Toutefois les choses ne sont pas aussi simples, il ne faut pas oublier que les réalisations architecturales sont des systèmes physiques complexes où les structures sont interconnectées de manière variable. De plus, les bâtiments évoluent au fil des années, noyant ainsi des éléments qui peuvent être à la base d'une approche acoustique systématique basée essentiellement sur la détermination de calculs. La photo de la figure 17 est éloquentes à ce sujet.

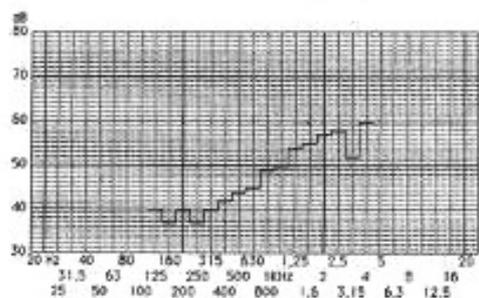


Fig. 13 : Isolation caractéristique d'un mur de parpaings creux (valeur globale  $\sim 48$  dBA), avec enduits plâtre deux faces.

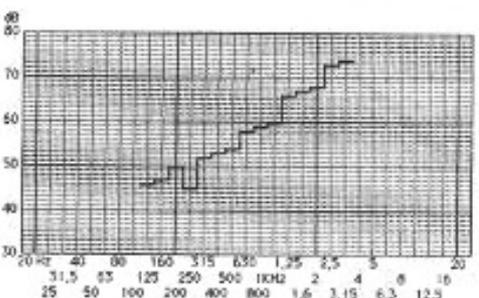


Fig. 14 : Isolation caractéristique d'un mur en béton de 16 cm d'épaisseur (la valeur globale n'excède pas 59 dBA). La qualité d'exécution du mur et des enduits est un facteur important dans le résultat pratique.

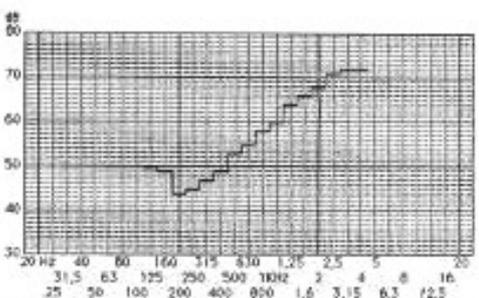


Fig. 15 : Courbe d'isolation correspondante à un mur de briques pleines, masse surfacique :  $480 \text{ kg/m}^2$ , épaisseur : 250 mm. Enduit plâtre deux faces (valeur globale  $\sim 57$  dBA).

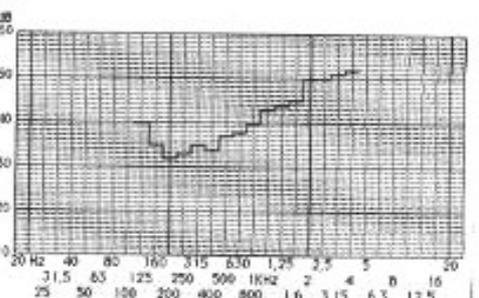


Fig. 16 : Courbe d'isolation correspondante à un mur de briques creuses. Masse surfacique :  $200 \text{ kg/m}^2$ , épaisseur : 170 mm (valeur globale  $\sim 42$  dBA).

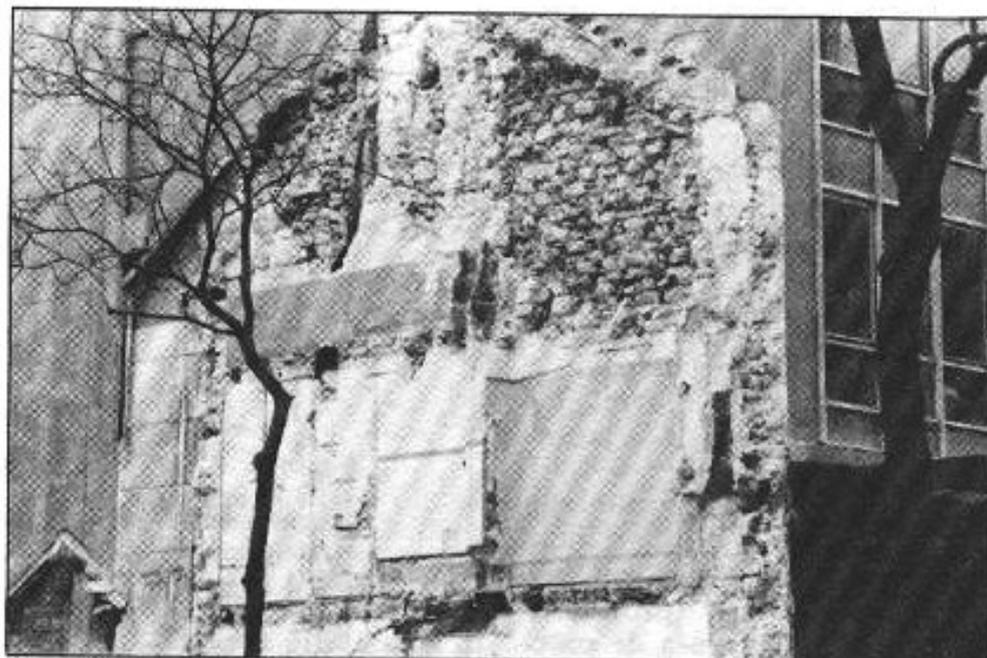


Fig. 17 : La démolition d'une construction ancienne à Paris permet de visualiser l'amplitude du problème posé par la détermination d'un diagnostic acoustique précis. L'immeuble récent possède une frontière terriblement complexe où des surfaces plus ou moins unies cohabitent avec des secteurs très perméables ou fortement altérés. Ouvertures bouchées, conduits de ventilation, cheminées, briques creuses appuyées sur la pierre ouverte, mur ancien consolidé par des carreaux de plâtre recevant les poutres en bois, tout y est pour transformer la recherche du confort en véritable jeu de pistes.

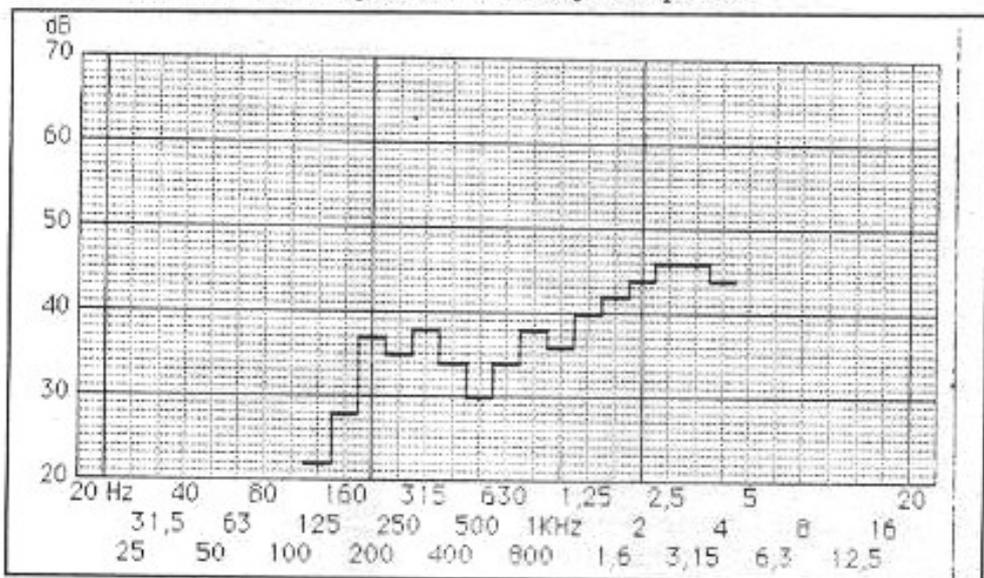


Fig. 18 : Le problème d'isolation rencontré par M. T sur une cloison aux piédroits caractéristiques. Les performances acoustiques ont été jugées insuffisantes par M. T. qui a décidé la réalisation de travaux de renforcement.

Dans le second cas de réalisation personnelle que nous allons vous présenter maintenant, nous allons aborder le problème de l'isolation. M. T., bricoleur et audiophile, a en premier lieu identifié la source de ses problèmes : une cloison de sa salle d'écoute offrait une perméabilité acoustique incompatible avec ses

exigences. Il s'agissait d'une cloison construite en carreaux de plâtre dont le comportement en isolation est indiqué en figure 18. Le traitement choisi pour le renforcement acoustique a satisfait à trois conditions essentielles :  
— technique de mise en œuvre,  
— encombrement pour ne pas trop empiéter sur le volume dis-

ponible de la pièce,  
— coût, de l'ordre de celui d'un  
aménagement intérieur, soit  
moins de 500 F le m<sup>2</sup>.

Le système présenté sous  
forme d'un kit, est composé  
d'une structure flottante sur  
laquelle est fixé un parement  
lourd par l'intermédiaire de vis  
traditionnelles. La vue éclatée  
de la figure 19 décrit clairement le  
processus mis en œuvre. La  
figure 20, elle, détaille la procé-  
dure de fixation.

S'agissant d'un doublage  
acoustique, les performances  
obtenues en final dépendent tout  
naturellement des propriétés  
physiques des plaques de parement,  
de l'écartement (plenum)  
existant entre la nouvelle surface  
et le mur d'origine et enfin du  
système de fixation employé. Ce  
dernier découle d'un ensemble  
de compromis puisque l'effica-  
cité globale dépend du degré de  
désolidarisation mécanique entre  
structure d'origine et structure  
de renforcement. Désolidarisation  
qui demande l'adjonction  
d'une suspension élastique spéci-  
fique. La masse du parement  
intervient également et implique  
quant à elle un montage résistant  
assurant la stabilité et la tenue  
évidente de la construction.

Le système en kit de doublage  
installé par M. T. contient au  
sein de sa structure des suspen-  
sions élastiques. Celles-ci sont  
incorporées à la fabrication dans  
les éléments de soutien et ont été  
conçues en fonction des efforts  
prévus. Enfin, elles sont à  
« sécurité positive ».

Les vis de fixation au mur  
d'origine sont entièrement enro-  
bées d'élastomère moulé assu-  
rant le rôle de suspension et  
empêchant toute erreur d'instal-  
lation pouvant résulter de l'éta-  
blissement de « ponts acousti-  
ques » susceptibles d'anéantir  
l'efficacité du traitement par  
doublage suspendu.

Nous vous donnons en figures  
21 et 22 les détails d'installation  
de cette structure. Un élément

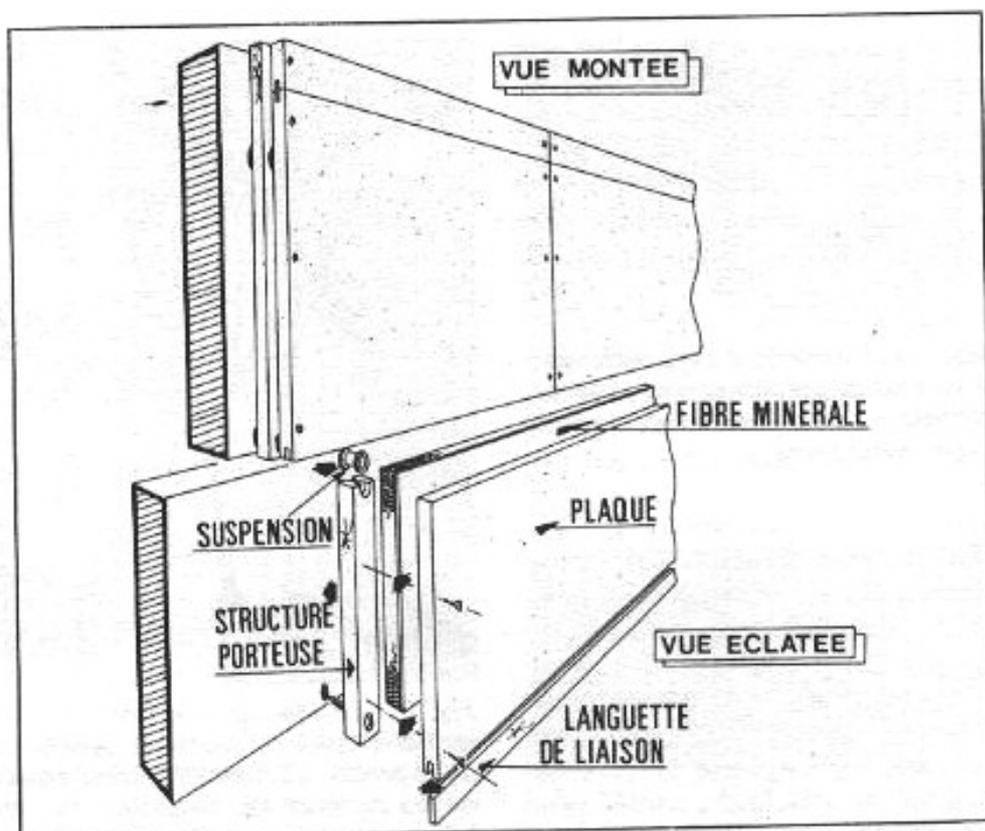


Fig. 19 : Schéma global du système de doublage acoustique composé d'une structure flottante à suspension intégrée et d'un parement en plaques composites associées par un ensemble rainure/languette. Le plenum ainsi déterminé (3 cm) reçoit une fibre minérale d'amortissement. Ce kit est disponible dans de nombreuses grandes surfaces spécialisées dans le bricolage. Voir la liste des fournisseurs de matériaux en fin d'article.

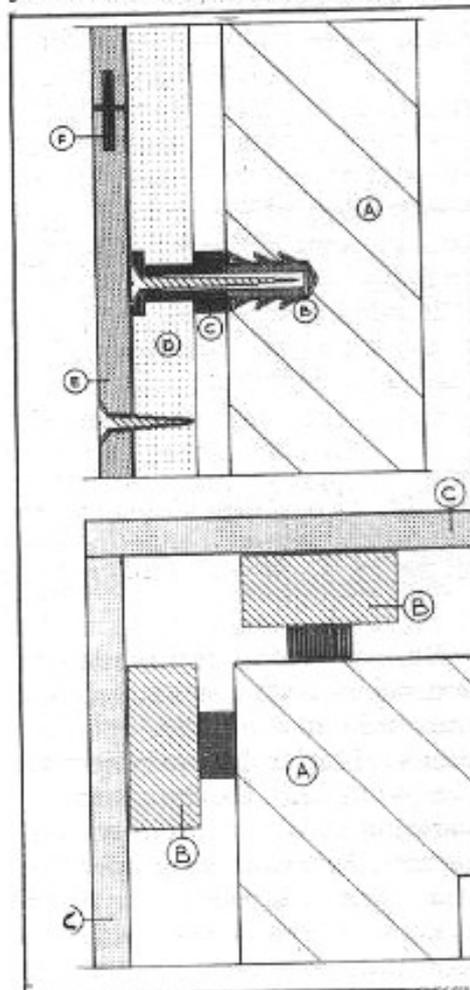


Fig. 20 : Système de doublage en kit coupe verticale. A : mur existant. B : cheville de fixation. C : suspension élastique incorporée. D : structure porteuse. E : plaque composite. F : languette dans rainure pratiquée dans chaque plaque.

Fig. 21 : Montage du système de doublage en kit. Coupe horizontale. Traitement des angles en doublage extérieur. A : mur existant. B : structure flottante. C : plaques composites.

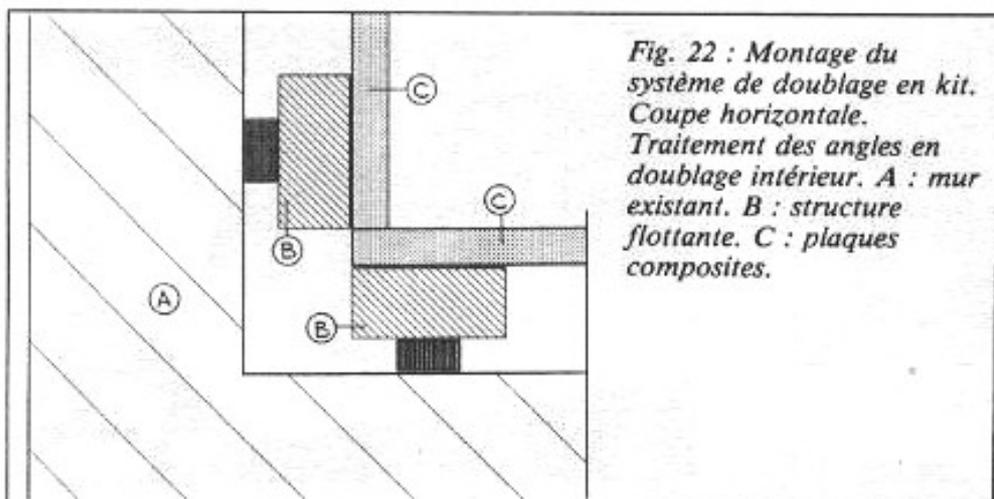


Fig. 22 : Montage du système de doublage en kit. Coupe horizontale. Traitement des angles en doublage intérieur. A : mur existant. B : structure flottante. C : plaques composites.

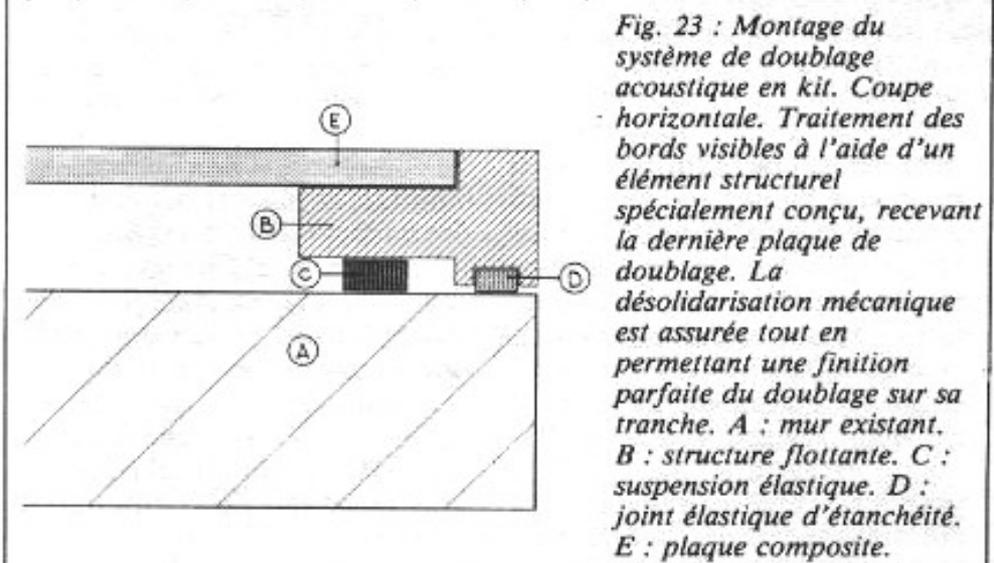


Fig. 23 : Montage du système de doublage acoustique en kit. Coupe horizontale. Traitement des bords visibles à l'aide d'un élément structurel spécialement conçu, recevant la dernière plaque de doublage. La désolidarisation mécanique est assurée tout en permettant une finition parfaite du doublage sur sa tranche. A : mur existant. B : structure flottante. C : suspension élastique. D : joint élastique d'étanchéité. E : plaque composite.

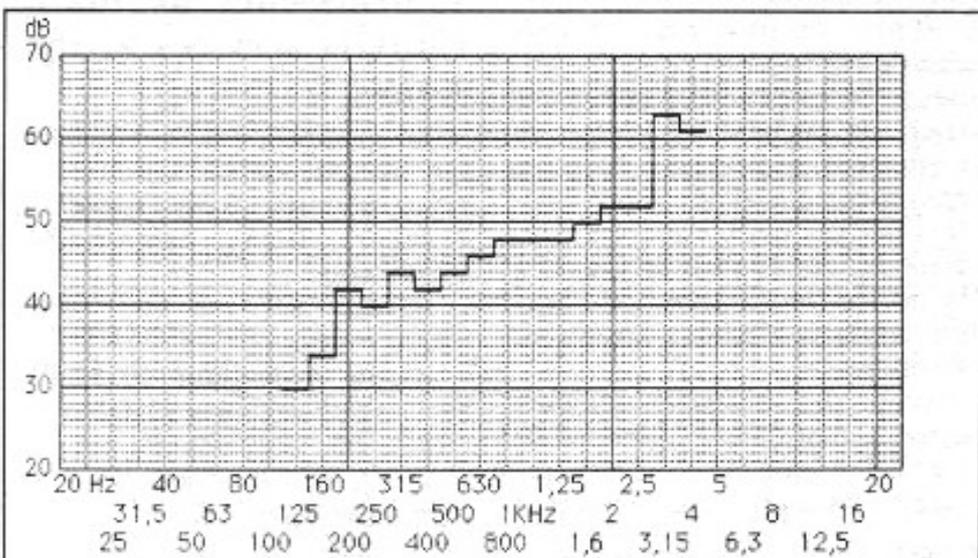


Fig. 24 : Résultat obtenu après traitement de la cloison par doublage selon la technique décrite et parfaitement mise en œuvre par un amateur.

flottant spécialement conçu à cet effet assure la fixation élastique des plaques sur les tranches visibles de notre paroi de renforcement telle que dans l'encadrement des fenêtres ou des portes. La géométrie de cette pièce est

donnée en figure 23, dont le rôle est de désolidariser le doublage du mur existant tout en assurant une finition parfaite de la tranche.

Une fois la structure mise en place, les plaques de parement

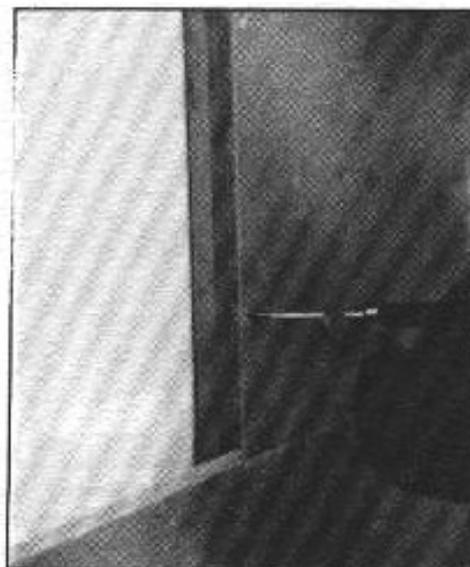


Fig. 25 : Après installation de la structure flottante par l'intermédiaire des suspensions élastiques intégrées, on procède à la fixation des plaques de parement préalablement percées de trous fraisés et recevant des vis traditionnelles. On remarquera la baguette plastique mise en place dans la rainure de la plaque inférieure gauche sur laquelle viendra s'emboîter la plaque supérieure, étanchéité et planéité sont ainsi assurées.



Fig. 26 : La plaque supérieure est encadrée sur la baguette plastique mentionnée dans la figure précédente.

sont vissées au travers des trous fraisés préalablement effectués en usine sur la périphérie. La liaison horizontale entre plaques — de dimensions 1 m × 0,60 m — est assurée par un montage rainure/languette assu-



Fig. 27 : Aspect général du doublage en cours de montage. L'angle a été exécuté selon les détails donnés en figure 22. La surface ainsi obtenue sera bientôt prête à recevoir tout type de finition disponible sur le marché.

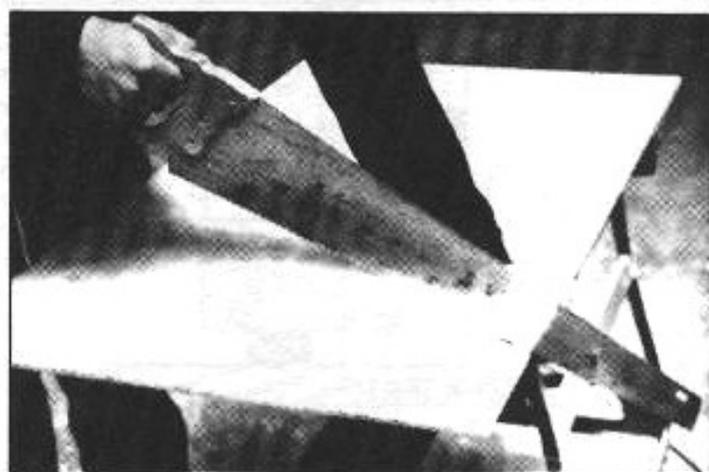


Fig. 28 : Les plaques de structure composite offrent une masse surfacique importante et se travaillent avec les outils et les techniques propres au bois. Elles présentent également la particularité d'être incombustible (classement M1).

rant l'étanchéité acoustique nécessaire ainsi que la planéité de l'ensemble. A cet effet, les plaques possèdent deux champs rainurés dans lesquels viennent se glisser des languettes plastique fournies dans le kit d'isolation. Les plaques sont constituées d'un matériau composite à base de ciment et de poudre de bois conférant une masse surfacique élevée nécessaire au comportement acoustique souhaité. En outre, de par sa constitution ce matériau se travaille avec technique et outillage propres au bois. Les caractéristiques physiques sont indiquées dans le tableau 2, l'épaisseur est ici de 12 mm. La figure 24 met clairement en évidence le gain procuré par la mise en œuvre de ce kit d'isolation si l'on se réfère aux caractéristiques initiales de la cloison données en figure 18.

Les photos de montage des figures 25, 26, 27 et 28 illustrent mieux qu'un long descriptif le

déroulement de ce travail. Conçu pour être mis en œuvre par un amateur afin de résoudre les problèmes d'isolation très fréquemment rencontrés dans les habitations conventionnelles, ce kit ne réserve aucune surprise, son efficacité est quasiment garantie. Il est bien évident que le revêtement esthétique de surface pourra être choisi en fonction du conditionnement acoustique interne souhaité.

Certes, au travers de ces deux cas de réalisations personnelles, nous ne prétendons pas avoir traité de manière exhaustive du traitement acoustique, bien au contraire nous avons voulu illustrer par ces deux exemples concrets des cas de mise en œuvre à la portée de l'amateur assurant un confort d'écoute largement amélioré.

L'un des obstacles majeurs actuels, tant dans le domaine de l'isolation que du conditionnement acoustique, est que face à

la complexité des problèmes rencontrés, la plupart des audiophiles baissent les bras et choisissent de ne rien faire alors que, comme nous l'avons vu dans ces deux exemples, des traitements ponctuels peuvent permettre de venir à bout de bien des défauts incompatibles avec une écoute de très haute qualité et cela quel que soit le niveau de restitution du système.

### Fournisseurs de matériaux et services acoustiques

**Sempatap** 1, rue de Guebwiller, BP 51, 68260 Kingersheim (distributeurs dans toute la France) : BHV, Samaritaine, Castorama...

**Bayoux** 93, rue de Valmy 75010 Paris.

**Alcra Acoustique** 60 boulevard Henri Barbusse 93100 Montreuil. Tél. 42.87.04.69.

**Peutz** 103 boulevard Magenta 75010 Paris.

# À VOUS SOIRÉES

## ...ET TENDANCES

**L**

*a période estivale arrive et avec elle son cortège de vacanciers*

*s'égrenant le long des routes en quête d'un Graal fait de soleil et de sable chaud.*

*Pendant le temps que vont durer ces vacances où l'on se retrouve en famille ou entre amis, l'audiophile se trouvera privé de son système et des sensations qu'il lui procure...*

*Il ne tient qu'à lui d'en éprouver d'aussi fortes et intenses.*

*Mais comment ? La réponse est d'une évidence criante. Ce sera dans la voiture.*

*Voilà un véhicule anodin qui ne demande qu'à se transformer en véritable auditorium roulant devenant ainsi le lieu de plaisirs renouvelés.*

*Dans le n° 2 de L'Audiophile Haute-Fidélité Plus, nous avons abordé la description d'un système exemplaire réalisé par le constructeur Alpine à bord d'une Lincoln Continental Mk VII.*

*Les résultats proprement ahurissants procurés par ce système démesuré*

*— 18 haut-parleurs, 1 600 watts d'amplification —*

*nous amenaient à ce double constat : premièrement, on ne peut désormais nier le fait que ce type d'installation rejoint et souvent même dépasse en qualité ce que l'on obtient généralement d'un bon système de salon.*

*Deuxièmement, la démarche utilisée pour tendre à ce résultat ressemble à s'y méprendre à celle de l'audiophile se donnant les moyens de réaliser chez lui un système de haute volée.*

*Dans le milieu automobile comme dans la haute-fidélité classique, il est question de multi-amplification, de filtrage actif, de chasse aux vibrations... toutes notions qui résonnent communément aux oreilles de l'audiophile averti.*

*Il apparaissait donc logique que la revue se penche un peu plus avant sur le sujet en l'abordant par le biais du matériel et des composants.*

*L'année 1989 a vu éclore un nombre important de nouveautés où le disque compact a pris une place grandissante*

*et constitue désormais la source de prédilection de tout système embarqué.*

*Le DAT lui emboîte timidement le pas et la vidéo commence à pointer le bout de son écran.*

*Voici donc en quelques lignes*

*la tendance affichée par les constructeurs de "haute-fidélité automobile".*

Vincent Cousin

## Alpine

Chez Alpine, le dernier-né est un petit bijou de 285 × 75 × 180 mm, le « CD Shuttle » 5952. Il s'agit du plus petit changeur CD actuellement commercialisé (magasin 6 disques). Prévu pour fonctionner aussi bien horizontalement que verticalement, sa taille minuscule permettra de le loger facilement et avec discrétion en n'importe quel endroit du véhicule, dans le coffre, sous les sièges ou encore dans la boîte à gants. D'un point de vue technique, le 5952 n'a rien à envier aux meilleurs lecteurs salon du moment : double convertisseur et filtre numérique à quadruple suréchantillonnage sont de la partie.

L'utilisation du CD Shuttle s'entend dans un environnement comprenant au minimum un boîtier de télécommande à fil (5953) sans lequel le 5952 resterait désespérément muet. Cette télécommande remplit un double rôle. Premièrement, donner l'accès aux fonctions du 5952 : programmation de 60 morceaux répartis sur 12 magasins, accès direct aux 6 disques présents dans le magasin, lecture aléatoire et fonction Scan (lecture des 10 premières secondes de chaque plage) pour les principales. Deuxièmement, piloter les fonctions du tuner optionnel 1390 L : 3 gammes FM/PO/GO, mémorisation automatique des 6 stations les plus puissantes, 24 présélections, recherche automatique ou manuelle, etc.

Mais le CD Shuttle se prête encore à de nombreuses autres utilisations dont l'association avec un combiné radiocassette haut de gamme du type du 7390 M. Celui-ci intègre une partie cassette à commandes logiques, chargement et éjection de la cassette motorisés, recherche et saut de blancs, Dolby B et C, etc. La partie tuner n'est pas en reste et est comparable au tuner séparé 1390 L, lui-même dérivé



Alpine « CD Shuttle » 5952 et combiné radio-cassette 7390M.

du fameux T10 II. Le 7390 M y ajoute une possibilité de commande des fonctions du CD Shuttle et une option télécommande infrarouge (4390). Le 7390 M dispose de quatre sorties avec fader pour attaquer des amplis indépendants pour les canaux avants et arrières.

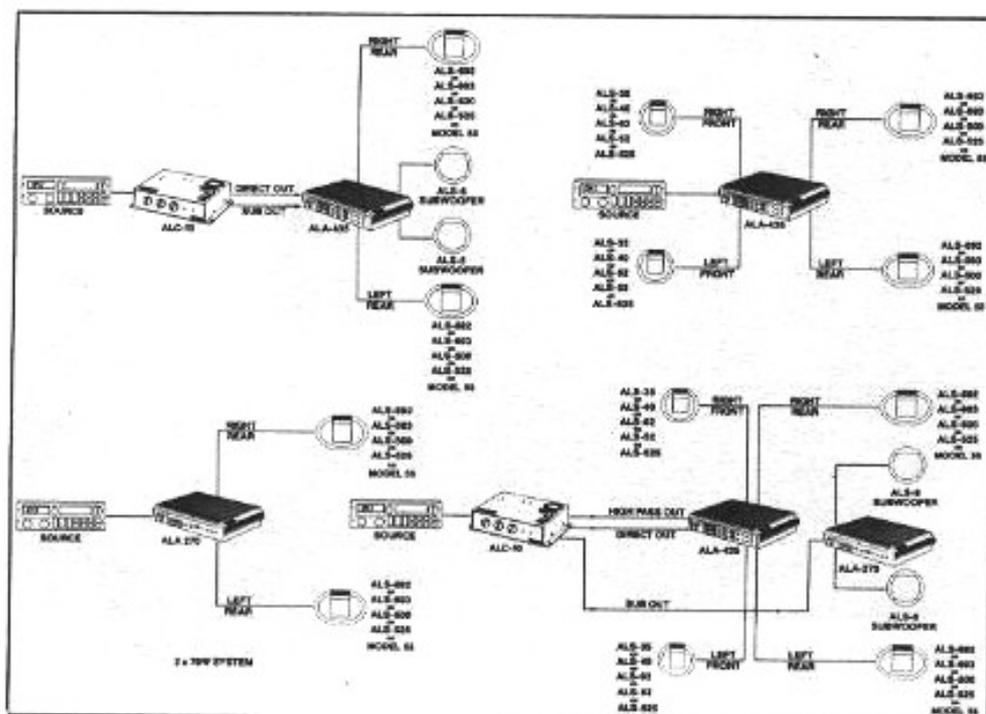
Citons encore chez ce constructeur la sortie récente d'une platine radiocassette avec décodeur RDS intégré (7385 R) ainsi que d'une platine lecteur CD-tuner (7903). Rappelons que les initiales RDS (Radio Data System) désignent un procédé de codage d'informations de service superposées à l'émission radio. Ces informations vont du nom de la station en clair à la liste des émetteurs calés sur le même programme en passant par des renseignements routiers, météo, etc. Actuellement, seuls les émetteurs nationaux de Radio France véhiculent ce type d'informations, mais le RDS est adopté comme standard dans toute l'Europe et les limites actuelles de son utilisation consistent uniquement dans le taux d'équipement en décodeurs des particuliers.

Alpine possède également une très belle gamme d'amplis en technologie PWM dont les puissances s'échelonnent entre 2 × 13 W RMS dans 4 Ω et

2 × 250 W (3545 : 700 W à 1 kHz en mode bridgé), une puissance considérable et qui doit offrir un confort d'écoute sans égal. Idem pour les haut-parleurs dont le diamètre peut atteindre 38 cm pour les boomers (6015). A noter la série Référence qui comprend des haut-parleurs à cônes de structure mixte papier non pressé et fibre de carbone pour un son exempt de colorations.

## Altec Lansing

Le célèbre constructeur américain de haut-parleurs s'est depuis longtemps intéressé à la reproduction sonore en automobile en se spécialisant dans tout ce qui suit directement le récepteur ou le combiné : filtres actifs, amplis et bien sûr haut-parleurs. Un filtre actif stéréo 2 voies bien pensé (ALC-10) avec égalisateur dynamique du grave en fonction de la puissance et fréquence de coupure réglable associé à deux amplis de puissance ALA 435 (4 × 35 W) et ALA 270 (2 × 70 W) permet d'envisager toutes sortes de configurations dont le principal intérêt réside dans une totale modularité. On commence avec un simple ampli stéréo et l'on augmente petit à petit le système jusqu'à 4 canaux et 2 voies de subwoofer.



Altec Lansing : un système modulaire et parfaitement évolutif permettant de s'équiper au fur et à mesure de ses moyens.

Les haut-parleurs sont d'une qualité exceptionnelle, à faire pâlir de jalousie certains modèles de salon. Les membranes de grave sont en fibre de carbone tressée et les dômes des médiums et tweeters sont en polyimide de très faible masse. Le spider est double afin que les forces de rappel appliquées à la membrane soient identiques dans les deux directions. Les bobines sont en fil de ruban plat et plongent dans un aimant au strontium de très forte puissance. Les saladiers sont en fonte d'aluminium hyper-rigide de façon à ne subir aucune déformation. Les modèles sont nombreux et vont du petit bicône de diamètre 9 cm (ALS-35) au subwofer de 20 cm (ALS-8) en passant par de splendides coaxiaux à deux ou trois voies comme l'ALS 693.

## JVC

Une gamme qui va en s'étoffant au fil des années et présente de très nombreuses nouveautés dans le haut de gamme. A commencer par le XL-MK 1200, un des changeurs CD offrant la plus grande capacité du moment (2 x 6 disques y compris les 8 cm).

Comme toujours avec ce type de changeur, le magasin est compatible avec les lecteurs CD de salon de la marque et la modularité est quasi-totale. La qualité sonore est, elle aussi, particulièrement soignée grâce à un circuit de mise en forme du bruit qui s'intercale entre le filtre numérique à quadruple suréchantillonnage et le convertisseur.

Le XL-MK 1200 se commande indifféremment du boîtier de télécommande KS-RM12 ou de la platine KS-C 1200 associant un lecteur de cassette autoreverse avec Dolby B et C à un tuner FM/PO/GO assorti d'une section préampli très complète.

Très intéressant est le XL-C 4000, un combiné intégrant d'origine un lecteur CD à chargement par cartouche, un

tuner synthétiseur PO/GO/FM et 4 amplificateurs de 22 W pour les canaux avant et arrière, le tout dans un boîtier antivol au format DIN. Pour ceux que rebute la constitution d'un système trop complexe et qui recherchent tout de même une haute qualité de reproduction.

JVC est également un des rares constructeurs avec Alpine, Blaupunkt et Kenwood à proposer une platine lecteur DAT qui intéressera au premier chef les possesseurs d'un lecteur-enregistreur de salon, l'intérêt étant alors de se composer ses propres programmes avec la qualité du compact. Le KS-D1 de JVC est conçu comme une platine indépendante avec son propre préampli. Encore de nombreux combinés, égaliseurs, amplificateurs et haut-parleurs dans cette gamme résolument bien fournie.

## Kenwood

Avec Kenwood, on aborde l'un des ténors de la catégorie au même titre que Pioneer ou Alpine. Le lecteur DAT KDT-99R est ici couplé à un tuner synthétiseur à quartz PLL FM/GO pour former un combiné de très haut de gamme.

La gamme comporte également un changeur CD (10 disques) fonctionnant aussi bien horizontalement que verticalement et commandé par un pupitre détachable (fonction antivol), le KDC-C100. Un tuner à synthétiseur FM/PO avec 20 présélections complète l'ensemble. Il se dissimulera derrière le tableau de bord ou sous un siège



JVC XL-C4000 autoradio avec lecteur CD.

avec le boîtier de contrôle lié au changeur.

La formule du combiné intégrant le lecteur CD, le tuner et l'amplificateur semble faire de nombreux émules et devoir s'imposer par son aspect fonctionnel et... économique. Chez Kenwood, l'appareil en question existe bel et bien et se nomme KDC-91R. Il est monté d'origine sur un boîtier antiviol et le confort n'a pas été négligé grâce à la touche permettant de passer l'éclairage du tableau de commande du vert à l'ambre. Le lecteur CD possède différentes fonctions pratiques telles la lecture aléatoire et la répétition, quant au tuner, il comporte 12 présélections et une fonction de mémorisation automatique.

Ceux qui souhaitent tout axer sur le disque compact trouveront dans le KDC-80 la solution à leur attente. Il s'agit d'une platine lecteur CD munie de son préampli avec réglages de volume, balance, fader AV/AR, graves et aigus. La suspension du système de lecture a été particulièrement soignée et la section numérique comporte un filtre à double suréchantillonnage.

## Pioneer

La gamme Pioneer est l'une des plus fournies qui soient et les haut-parleurs de la marque ont acquis une réputation auprès du public enviable des autres constructeurs. Le KEH 9000 RDS est un combiné haut de gamme comprenant un tuner PO/GO/FM stéréo avec décodeur RDS (24 présélections, fonction BSM :



*Pioneer DEX M300 préampli-tuner : une face avant amovible constitue un antiviol très sûr.*

mémoire des émetteurs les plus puissants, etc.), un lecteur de cassettes autoreverse équipé des Dolby B et C et un amplificateur haute puissance de  $4 \times 25$  W.

Les amateurs de compacts ne sont pas non plus en reste. On peut s'équiper à partir d'une simple platine (CDX3) à associer avec un radiocassette haut de gamme muni d'une entrée spéciale pour le CD (KEH 6060B) en passant par un combiné lecteur CD-tuner-ampli  $2 \times 20$  W (DEH-66) jusqu'aux systèmes Centrate les plus sophistiqués avec changeur CDX-M100 (6 disques).

Ce changeur fonctionnera en association avec une platine radio-cassette haut de gamme KEX-M700B ou DEX-M300 (radio seule) au choix. Particularité intéressante du DEX-M300, sa façade amovible jouant le rôle d'un antiviol et pouvant être déportée sur un flexible, le boî-

tier principal étant alors dissimulé sous un siège ou ailleurs. Boîtier extractible et télécommande infrarouge en revanche pour le KEX-M700B.

Les amplis GM-1000, 2000, 3000 et 4000 sont de superbes réalisations dont les puissances respectives sont de  $2 \times 30$  W,  $2 \times 50$  W,  $4 \times 40$  W et  $2 \times 100$  W RMS sur  $4 \Omega$ . Tous ces amplis disposent d'une alimentation PWM et sont bridgeables avec comme conséquence un doublement de la puissance sur un canal (sauf GM-1000).

Les haut-parleurs pour voiture sont un des chevaux de bataille de la marque Pioneer. On y retrouve une somme de technologies couramment usitées en Hi-Fi haut de gamme : dômes titane pour les tweeters, cônes des haut-parleurs de grave en polypropylène injecté armé de fibres de carbone, aimants surpuissants et capots évitant tout risque de fuite magnétique, etc. La gamme est une des plus riches qui soient et l'on remarque la présence de quelques « morceaux de bravoure » comme le TS-W400, un subwoofer de 40 cm de diamètre supportant 500 W en crête ou encore les très beaux « cross-axiaux » TS-2100 (20 cm, 3 voies, 200 W) et TS-1700 (16,5 cm, 2 voies, 150 W) dont le



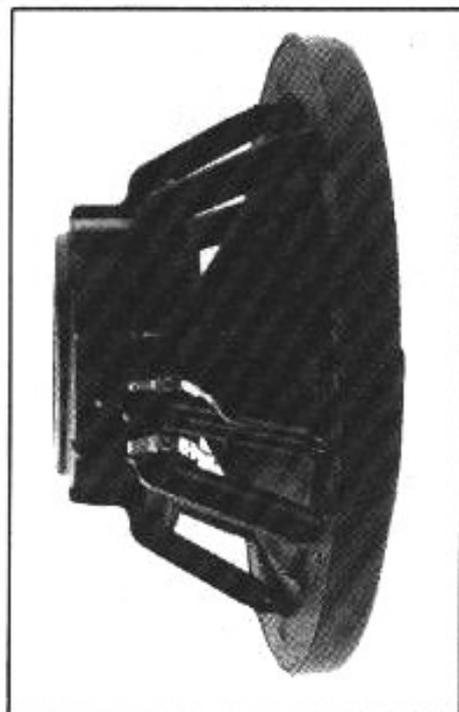
*Kenwood KDT-99R platine DAT-tuner.*

principe est d'associer à un boomer monté horizontalement un médium et un tweeter chargés par un pavillon omnidirectionnel regardant vers l'avant.

## Quart

Ce constructeur allemand s'est spécialisé dans la réalisation de transducteurs de très haute qualité et propose de nombreux haut-parleurs et kits complets (plages arrières et bas-volets de portières entièrement équipés) dont la finition atteint des sommets. Si vous êtes l'heureux possesseur d'une Mercedes, d'une BMW ou d'une Porsche, Quart peut vous fournir une plage arrière interchangeable dont la finition respecte celle de votre véhicule (tissu, cuir, coloris identique, etc.).

Quant aux haut-parleurs, ils font partie de ce qui se fait de mieux actuellement en la matière : dômes en titane, châssis hyper-rigides et moteurs surdimensionnés, filtres passifs à composants sélectionnés et surtout un ajustage d'une précision exemplaire. La gamme débute



Les haut-parleurs Quart sont construits selon des tolérances très strictes et avec des matériaux de premier choix.



Sony CDX-A30 et télécommande RM-X2.

avec un coaxial à 2 voies de 11 cm (QM130K) et s'étend jusqu'aux systèmes 3 voies 3 haut-parleurs type QM335CS avec boomer de 20 cm, médium de 9 cm et tweeter à dôme titane de 2,5 cm.

## Sony

Le géant japonais s'était fait jusqu'à présent assez discret dans le domaine de l'autoradio mais 1989 annonce un grand changement également de ce côté-là. La stratégie de Sony en autoradio est entièrement axée sur le laser et le nouveau changeur CDX-A30 (10 disques, 16 bits, quadruple échantillonnage, mécanique à amortisseurs bain d'huile) a été conçu pour s'adapter à tous les environnements possibles grâce à une série d'accessoires bien étudiés.

Au choix, il fonctionnera donc de manière autonome avec sa télécommande RM-X2 ou en tandem avec un combiné radio-cassette et la télécommande simplifiée RM-X1 en entrée auxiliaire ou en liaison HF grâce au modulateur stéréo FM XA-7. Dernière possibilité, relié au combiné XR-7201, radio-cassette haut de gamme intégrant la commande du CDX-A30 et possédant deux sorties amplis AV/AR et une sortie subwoofer.

Egalement un combiné platine radio-lecteur CD, le CDX-R79L et un combiné radio-cassette de 2x25 W à un prix très étudié, le XR-5051. Sony commercialise également des amplis et des haut-parleurs de qualité comme le magnifique XS-8031, un coaxial 20 cm 3 voies acceptant 180 W en crête. Les possesseurs de bateaux et de véhicules tous terrains trouveront également chez Sony un hublot de protection s'adaptant à l'avant de l'autoradio (GMD 616) et des haut-parleurs étanches de 16 cm (XS 616). A noter dans tous ces produits un soin sur l'ergonomie et la finition remarquable.

## Et les autres

Impossible de citer tout le monde, dans le cadre de cet article, les Blaupunkt, Philips, Grundig, Clarion, Sansui, Roadstar, Panasonic, Jensen et tant d'autres qui constituent autant de marques se distinguant sur ce marché très disputé. Puisse ce rapide exposé avoir réussi à démontrer qu'une démarche audiophile en haute-fidélité automobile n'a rien d'une utopie. En tout cas, les constructeurs, eux, l'ont bien compris qui, de plus en plus nombreux, s'y intéressent de très près.

**Page non  
disponible**

# PRESSE ETRANGERE

Jean Hiraga

## Faut-il se méfier du compact-disc ? par M. Katsuo Suzuki Audio Accessory, Spring 1989, n° 52, Japon

Cet article publié dans la revue *Audio Accessory* a retenu l'attention de très nombreux lecteurs japonais. Il a même fait l'objet de plusieurs commentaires dans les grands journaux du pays du soleil levant. Il méritait donc d'être traduit et ponctué de quelques commentaires. Son auteur, M. Katsuo Suzuki, fait partie de ces audiophiles que les expériences bonnes et moins bonnes ont rendu méfiant.

M. Suzuki ne croit plus guère ni aux articles élogieux, qu'ils soient techniques ou d'ordre subjectif. Pour lui, l'important est de vérifier par lui-même les avantages ou les inconvénients d'une nouvelle technologie sans se sentir pour autant « présensibilisé » par tous commentaires de presse.

Katsuo Suzuki aborde le sujet par la question : réalité ou superstition ? Il parle tout d'abord des premiers articles de presse, publiés par des grands quotidiens tels que l'*Asahi Shimbun* dans lequel on avait pu lire :

Le compact-disc arrive. Le rêve devient réalité. Sa supériorité sera écrasante par rapport à l'enregistrement analogique. On obtiendra enfin un son parfait. Contrairement aux systèmes analogiques, le système numérique assurera désormais une qualité de restitution quasi uniforme

signifiant que, mis à part des détails concernant la facilité d'utilisation ou la qualité des pièces, tous les lecteurs de compact-disc offriront tous la même qualité sonore quel que soit leur prix. S'il s'agit effectivement de l'un des arguments mis en valeur au moment de la lancée de ce nouveau support, les constructeurs se sont bien gardés de le reprendre par la suite vu que, d'une première génération à gamme unique, le marché allait bientôt s'articuler autour de plusieurs gammes de lecteurs CD que les publicités commencèrent à classer par catégorie de prix et même par catégorie de qualité sonore. Bien du chemin a été parcouru depuis et nous savons tous que, même s'il existe une tendance évidente pour une uniformisation des performances techniques et subjectives, les différents circuits, les différents types de mécanique, les différents composants conduisent à des dispersions sur ces deux critères. Comme le fait remarquer M. Suzuki, qui est également un spécialiste du laser et de ses différentes applications dans l'industrie, il est possible d'obtenir à partir du même disque CD des résultats subjectifs si variés que l'on a de la peine à croire qu'il s'agit d'un système numérique. Les améliorations à ce niveau naissent souvent de l'expérience des audiophiles plutôt que de celles découlant d'essais en laboratoire. Le « son qui change » selon que l'on utilise soit un seul disque, soit deux disques superposés, le disque supérieur faisant office de « palet presseur », est un

« truc » d'audiophile. Cette idée, de même que celle des socles et des pieds est sans aucun doute à l'origine des différentes améliorations apportées par la suite par les constructeurs au niveau du traitement des vibrations parasites. Katsuo Suzuki note que ces idées d'audiophiles sont, la plupart du temps, reprises soit par des firmes spécialisées dans les accessoires, soit par des constructeurs toujours à l'affût d'idées nouvelles. Cet auteur ajoute que ces « améliorations » impossibles à mettre en évidence ou presque aux mesures, ne le sont pas toujours non plus à l'écoute, ce qui est beaucoup plus ennuyeux... Les rumeurs étant une chose et la réalité une autre, Katsuo Suzuki a décidé de se joindre à l'équipe de rédaction pour démystifier certaines de ces rumeurs. Il ne faut pas toujours croire ce que l'on dit mais il faut croire à ce que l'on entend.

## Humidité

Certains syndicats du disque noir se sont, au goût de M. Suzuki, « un peu trop inquiétés » du vieillissement prématuré du disque CD. Des petits incidents ayant eu lieu au cours des premiers mois de fabrication (injection, sérigraphie) ont été mis à profit par les mordus du disque noir, soit par pure curiosité, soit par intérêt commercial camouflé dans le but de freiner la progression du disque CD. Plusieurs disques CD et quelques disques CD Vidéo ont été plongés dans l'eau pendant une quinzaine de jours. Précisons qu'il ne s'agit pas là d'un mode de stoc-

kage conventionnel. Toujours est-il que, suite à cette épreuve, aucun des disques immergés n'est ressorti avec des traces d'oxydation. Si on est loin des ragots qui ont essayé de faire croire qu'un disque CD devenait inutilisable après sept ou huit ans, M. Suzuki rappelle cependant qu'un disque présentant des rayures du côté sérigraphie n'est plus aussi fiable.

### **Electricité statique, démagnétisation**

Vient ensuite le test consistant à écouter le disque CD avant et après que celui-ci ait subi un traitement antistatique. On a pu lire à ce sujet bien des exagérations à propos des traitements antistatiques pour disques CD. M. Suzuki fait tout d'abord remarquer que le disque CD se charge beaucoup plus difficilement d'électricité statique qu'un disque noir. Pour mieux s'en rendre compte, il suffit de frotter l'un et l'autre avec un chiffon de laine puis de les approcher d'un cendrier. Le disque noir se charge aussitôt d'électricité statique et se met à « crépiter », attirant fortement les cendres et les poussières. Quant au disque CD, il ne se charge pratiquement pas. Le traitement antistatique est très efficace dans le cas du disque noir. Il est beaucoup plus contestable dans le cas du disque CD, comme peut le prouver le test décrit ci-dessus. La plupart des produits commercialisés ne feraient donc que dégraisser la surface du disque, que faire disparaître quelques taches grasses. Il n'est donc pas exclu que, suite au nettoyage d'un disque CD à l'aide d'un produit antistatique, il soit ressenti une certaine amélioration de la qualité d'écoute. M. Suzuki exclut par contre le fait que le traitement antistatique par lui-même soit à l'origine de ces différences qui restent à la limite du perceptible. M. Suzuki fait également état de certains

amateurs qui auraient obtenu de « nettes améliorations » après avoir placé le disque CD sur un démagnétiseur pour bandes magnétiques 6,35 mm, avec bobine tournant sur un champ magnétisant. De ce côté également, il n'a été constaté aucune amélioration vraiment audible.

### **Palets presseurs et stabilisateurs**

D'après les normes du disque CD, le voile maximum autorisé ne doit pas dépasser 0,4 mm. En pratique, selon les mécaniques et selon les disques, cette limite est souvent dépassée, ce qui n'empêche nullement le lecteur CD de lire correctement le disque, moyennant (peut-être) quelques corrections d'erreurs supplémentaires. Au Japon et ailleurs, les « palets presseurs » et autres stabilisateurs pour disques CD existent par dizaines. Ces accessoires sont disponibles dans différentes tailles, différents diamètres, différentes épaisseurs et sont constitués de différents matériaux : matières synthétiques, métaux, sandwich de plusieurs matériaux. Malheureusement, ces accessoires ne sont pas toujours usinés avec la précision requise. Les couronnes et disques souples auto-collants n'offrent pas toujours la possibilité d'être collés avec un bon « centrage ». On entend par là un centrage à  $\pm 5 \mu\text{m}$  près. C'est à ce niveau que l'on constate avec regret que les avantages procurés par l'addition du palet presseur, c'est-à-dire une réduction de l'effet de voile, un effet régulateur et une diminution des vibrations sont contrecarrés par un phénomène de faux-rond, d'excentrage qui tend à produire des vibrations parasites dans le sens latéral. Ce défaut a pour origine soit un faux rond de l'accessoire, soit un positionnement incorrect du perçage central, soit encore un perçage de

diamètre supérieur à la norme, une autre possibilité étant due au lecteur lui-même : axe récepteur de forme conique ne pouvant centrer qu'un seul disque. Sans parler forcément d'« amélioration audible » pour les raisons qui viennent d'être citées, Katsuo Suzuki et l'équipe de rédaction de la revue *Audio Accessory* ont noté cette fois des différences tout à fait perceptibles. Lorsqu'il ne se pose pas de problème de centrage du côté des palets presseurs ou au niveau de l'axe du lecteur CD, le palet presseur tend à rendre l'écoute plus naturelle, à améliorer la sensation de dynamique ou le relief sonore. Mais attention : les lecteurs CD n'acceptent pas toujours ni un palet presseur ni un second disque placé sur celui servant à la lecture. Il se produit dans ce cas soit un arrêt de la lecture (l'afficheur passant le plus souvent sur « Erreur »), soit un bruit cyclique du palet presseur ou du disque supérieur frottant contre le bord du tiroir.

La vitesse de rotation du disque est assez grande car comprise entre 200 et 500 tr/mn. Il semble donc important d'ajouter aux « bienfaits » apportés par ces accessoires, les risques de perturbation de fonctionnement qu'ils peuvent induire. Dans le sens latéral, les vibrations induites par excentrage peuvent ainsi dépasser largement les normes Philips/Sony. Il existe également bien des lecteurs CD dont l'axe et le palier n'ont pas été étudiés pour supporter longtemps le complément de poids de certains palets presseurs en métal massif. Pour plus de précision, signalons que selon la norme Compact Disc référence 7-4-1-2, les défauts d'excentricité et de circularité produisent une accélération radiale qui ne doit pas dépasser  $0,4 \text{ m/s}^2$ . Avec un mauvais palet presseur, cette valeur, largement dépassée, peut conduire au décrochage de l'asservissement du suivi de piste. Sur

les tables de lecture analogiques de qualité, il n'était pas rare de constater que les plateaux lourds (ou légers) avaient été équilibrés dynamiquement (présence d'un ou plusieurs trous sous le plateau). Malgré la nécessité d'une plus grande précision de lecture et d'une vitesse 6 à 15 fois plus élevée, les lecteurs CD ne comportent qu'un petit support central, le disque CD faisant office de plateau. Les nouvelles générations de mécaniques sur les lecteurs CD étant munies de suspensions qui sont parfois extrêmement souples, un défaut d'excentricité, quelle que soit son origine, conduit à ce problème de vibrations et d'erreurs de lecture qu'il ne faut pas ignorer. Au Japon, aucun constructeur n'a pu, malgré des efforts certains, proposer une solution radicale à ce problème d'excentricité. Signalons cependant que sur certaines machines à laver d'origine japonaise, un système breveté assure un équilibrage dynamique automatique du tambour (en position d'essorage), ce qui se traduit par une absence de vibrations et de bruits parasites. Rien n'empêcherait donc de transposer cette idée et de l'appliquer au lecteur CD.

Pour en revenir à l'article de Katsuo Suzuki, celui-ci insiste dans ce paragraphe sur les avantages et les désavantages des palets presseurs dont le prix, parfois fortement surestimé, est à la limite de l'escroquerie. M. Suzuki insiste sur le problème de compatibilité palet presseur/lecteur CD. Même remarque pour les couronnes stabilisatrices autocollantes qui doivent être parfaitement centrées. Il n'est pas conseillé d'essayer de les décoller par la suite car il peut se produire, selon les disques et le support adhésif, un décollement de la couche réfléchissante.

## **Dorure du dessus du disque**

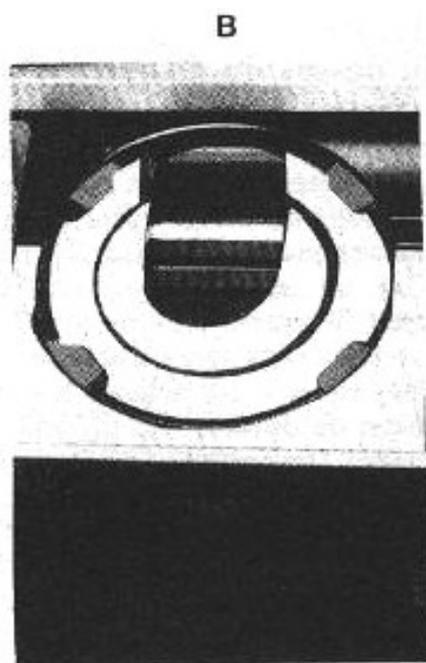
Un essai de dorure du dessus du disque CD, du côté sérigraphié, a été effectué afin de vérifier s'il pouvait en résulter une quelconque amélioration. A cet effet, un petit kit japonais affichant fièrement « Dorez vos disque CD, vous serez stupéfait du résultat ! » a été acheté. L'opération de dorure, très difficile à réaliser (formation de plis de la feuille de  $0,3 \mu\text{m}$  d'épaisseur) a été suivie d'un test comparatif effectué en aveugle à partir de deux disques, un normal, l'autre doré. Grande déception, là aussi, M. Suzuki et ses collègues n'ayant noté « aucune amélioration vraiment audible » à partir de la version « dorée main ». Attention, ce genre de modification, sans intérêt car inefficace, n'est pas à confondre avec quelques versions de disques CD à couche réfléchissante dorée (tirages limités Denon entre autres) dont les avantages sont certains (notamment amélioration du contraste lors de la lecture).

## **La rumeur du vert**

Parmi les différentes rumeurs qui courent au Japon pour ce qui concerne des améliorations « vérifiables ou à vérifier » applicables par les amateurs sur les lecteurs CD, M. Suzuki a retenu celle du vert, ce chapitre devenant du même coup le thème principal de son article. Cette rumeur semblait, selon lui, fondée car elle émanait aussi bien d'audiophiles avertis que d'ingénieurs à l'affût des derniers perfectionnements. Il semble nécessaire d'apporter un complément d'information à ce sujet. Contrairement à toutes les idées reçues, les signaux numériques gravés ne sont pas des cuvettes, des formes concaves lorsque celles-ci sont vues du côté lecture. Comme l'indiquent les documents officiels, Philips ou

Sony, comme cela peut être vérifié au microscope en lumière rasante, les informations sont bel et bien des bosses lorsqu'elles sont vues du côté lecture, ceci contrairement aux affirmations de quelques « spécialistes en la matière ». En effet, le pressage s'effectue du côté où seront déposés la couche de protection et la sérigraphie et il serait impossible de presser des « empreintes en creux », le pressage de « bosses », de surface totale très inférieure à celle de la surface lisse étant beaucoup plus facile. Il faut, malgré tout, savoir que le système fonctionnerait à partir de bosses ou de creux. Le principe de lecture repose sur la diffraction de la lumière de balayage par les bosses dont la hauteur se situe, selon les normes, entre  $0,11$  et  $0,13 \mu\text{m}$ . Le faisceau laser mesure  $0,8 \text{ mm}$  de diamètre à la surface du disque. Il se concentre ensuite pour atteindre  $1,7 \mu\text{m}$  environ au niveau de la couche réfléchissante. La couche réfléchissante renvoie approximativement 90 % de la lumière émise. Le passage sur une bosse introduit une baisse de luminosité de 25 % seulement, ce qui signifie que le « seuil de décision » défini par le très important « diagramme de l'œil » (eye pattern) ne se situe pas entre 0 et 100 % mais seulement entre 65 et 90 %. Ajoutons à cela le fait que les alvéoles ont 9 longueurs différentes, que leurs bords sont inclinés et que le pourtour du spot laser sur la surface réfléchissante est flou, ce qui entrave assez sérieusement (on n'ose jamais l'avouer), la précision de la lecture des seuils de décision. Le faisceau laser, de couleur rouge, possède une longueur d'onde de  $780 \text{ nm}$  ( $\pm 10 \text{ nm}$ ). Dès que le rayon pénètre dans le substrat en polycarbonate, sa longueur d'onde passe à  $500 \text{ nm}$  environ.

Le substrat en polycarbonate protégeant les informations gravées introduit des petites défor-



Deux des tests effectués par M. Katsuo Suzuki. En A, traitement du bord du disque CD. En B, mise en place de réflecteurs en papier, de couleur verte, sur le pourtour du tiroir. Il en résulterait une meilleure réjection des réflexions optiques secondaires du faisceau laser.

mations du spot, des diffractions dont les limites sont déterminées par le critère Maréchal. Le laser étant une source de lumière cohérente, il peut se propager sous forme de rayon avec une grande concentration à travers de grandes distances. Ces petits détails venant en complément de l'article de M. Suzuki devraient permettre de mieux comprendre sur quoi semble se baser cette « rumeur du vert ».

Que se passe-t-il lorsque le rayon frappe la surface embossée ? Comme énoncé plus haut, 65 % de la lumière émise est réfléchiée vers le capteur, contre 90 % sur la partie lisse, les 25 % restant se diffusant dans l'épaisseur du substrat, dans plusieurs directions. Ce phénomène pourrait s'appeler « réflexions parasites ». S'il s'agit de réflexions lumineuses secondaires produites par le faisceau lui-même, il ne faut pas omettre de dire que la lumière peut avoir autant d'incidence et peut même perturber la lecture au point de bloquer celle-ci. Fort heureusement, la couche réfléchissante (dont l'opacité n'est jamais totale) sert de

« blindage » aux rayons lumineux extérieurs. Du côté lecture, le disque est par contre très sensible à la lumière incidente (pendant la lecture), d'où la généralisation des tiroirs porte-disques de couleur noire ou gris foncé. Les bords des disques CD sont, eux aussi, sensibles aux rayons lumineux extérieurs mais une petite remarque doit être faite à ce propos. Sur les tout premiers disques CD (Philips Polygram par exemple), les bords du disque étaient non seulement ébavurés mais arrondis. Si l'on observe la tranche de ces disques face à la lumière, on s'aperçoit que celle-ci ne traverse pas le disque et que la tranche reste noire. Sur de nombreux disques CD plus récents, les bords sont à peine ébavurés et la tranche laisse passer la lumière.

Dans son chapitre traitant des « rumeurs du vert », Katsuo Suzuki a repris, en compagnie de l'équipe de rédaction de la revue *Audio Accessory* trois types de modifications entraînant, selon ces rumeurs, des améliorations sensibles à l'écoute.

La première modification a consisté à colorer en vert la tran-

che du disque à l'aide d'un stylo feutre à encre indélébile. Un modèle équivalent existe ici dans la marque Staedler, Luminocolor 357 permanent, couleur vert lumineux. M. Suzuki explique que le bord du disque doit être coloré sans aucune bavure, sans déborder sur l'une ou l'autre face.

La deuxième modification a consisté à tapisser partiellement ou totalement les bords intérieurs et le fond du tiroir d'un revêtement de faible épaisseur de couleur verte.

La troisième modification a consisté à couvrir le disque d'une feuille de couleur verte légèrement adhésive. Toujours selon ces rumeurs, la couleur vert vif aurait été choisie comme étant opposée à celle émise par la tête laser. Il en résulterait un effet d'absorption des réflexions secondaires, ce qui se traduirait par des améliorations sensibles à l'écoute et même aux mesures (comptage des erreurs de lecture par exemple).

M. Suzuki et son équipe ont tout d'abord essayé en test simple, puis en test « aveugle » l'effet subjectif produit par une feuille de couleur verte posée sur le disque. L'inconvénient de cette modification est qu'il est pour ainsi dire impossible de centrer dynamiquement la feuille de papier (dont une face est rendue légèrement auto-collante à l'aide de colle vendue en aérosol). Déception partielle quant aux résultats obtenus, les avis étant partagés entre « pas évident » et « petite amélioration au niveau du rendu des mélodies et des notes soutenues ».

Le second test, consistant à colorer sans bavures (M. Suzuki insiste sur ce point) la tranche extérieure du disque a procuré cette fois des améliorations audibles, M. Suzuki ayant toutefois essayé, « pour être plus sûr », d'autres teintes comme le noir, le bleu ou le rouge. Suite à ces

essais, le vert s'est avéré être le meilleur. Les essais se sont effectués sur un lecteur CD de haut de gamme à convertisseur séparé. Avec du noir, le son est apparu comme pratiquement inchangé ou, peut-être, un peu moins riche dans l'aigu. Le rouge donnait par contre une impression plus nette « d'aigu plus sale ». Le vert est apparu comme apportant des différences et des améliorations plus marquées, se caractérisant par un son plus ouvert, au « grain plus fin », par des registres de médium et d'aigu mieux nuancés. M. Suzuki ajoute qu'en faisant déborder la couleur verte sur le dessus ou sur le dessous du disque, il peut se produire, selon le lecteur CD utilisé, soit une perte d'ampleur dans le grave, soit des difficultés de lecture.

Le troisième test a consisté à placer à l'intérieur du tiroir porte-disque des sortes de petites étiquettes, au nombre de 3 ou 4 venant se placer soit sous le disque au niveau de la zone gravée, soit sur les côtés (bandes plus fines se plaçant face à la tranche extérieure du disque). Le vert vif a apporté les meilleurs résultats avec, dans l'ensemble, des diffé-

rences et des améliorations nettement plus prononcées que dans les autres cas. Ces étiquettes ont été réalisées à partir de papier de couleur verte. Elles ont été fixées avec du ruban auto-collant double face. Elles ne doivent pas entrer en contact avec le disque. Ces essais ont montré qu'il n'était pas nécessaire de tapisser toute la surface du tiroir, trois ou quatre étiquettes s'avérant suffisantes pour obtenir ces résultats. A partir du lecteur CD Sony CDP-R1/DAS-R1. Katsuo Suzuki parle même d'avoir obtenu « des différences telles qu'elles ont conduit à un éclat de rire général ».

La sortie de ce genre d'article risque fort de faire paraître bientôt sur le marché de nouveaux accessoires. Mais à quoi bon se les procurer, à un prix qui ne sera pas toujours raisonnable, lorsque cette modification peut être réalisée par soi-même pour pratiquement rien. Tirer une conclusion de cet article nous semble un peu prématuré. Des essais effectués de notre côté ont semblé prouver les dires de M. Suzuki, en particulier pour le test des étiquettes vertes placées

contre les bords intérieurs du tiroir, face à la tranche du disque. Peu de choses du côté des suspensions de la section mécanique ou du lecteur CD suffisent pour produire des différences audibles, « différences » n'étant d'ailleurs pas forcément synonyme d'« améliorations ». Dans une autre revue japonaise, *Stereo Technic* de juin 1987, un article concerne justement des mesures relatives aux effets des vibrations extérieures sur le lecteur CD. La corrélation des résultats de ces mesures avec les résultats d'écoute est frappante, ce qui confirme le bien-fondé de certains accessoires dont le prix donne malgré tout à réfléchir.

Actuellement, la grande presse semble s'inquiéter beaucoup plus des défauts constatés sur les disques CD récents que d'améliorations qui ne seront audibles que sur des systèmes performants. En effet, il est désagréable de s'apercevoir que, sur un disque, le même morceau a été gravé deux fois de suite ou que la plage 6 est inexistante... sauf sur l'étiquette ou bien encore que la lecture de la fin d'un autre produit des grésillements insupportables.

**ABONNEZ-VOUS**  
avant le 1<sup>er</sup> septembre...

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

# CLASSIQUE

## L'EVOLUTION DE LA SUITE DE DANSES OU DU CORPS A L'ESPRIT

**N**

*ous avons coutume, dans nos chroniques discographiques,  
d'évoquer les principales « formes » musicales.*

*Comment en serait-il autrement puisque la musique occidentale est régie  
par des lois, des structures, extrêmement rigides et définies ?*

*Il nous est arrivé, par instants, d'en définir brièvement quelques-unes  
afin que le lecteur soit mieux à même de pénétrer l'intensité du discours musical.*

*Fugue, Sonate, Suite, Rhapsodie, méritent sans doute d'être mieux explicitées  
pour que chacun puisse mesurer combien,*

*au-delà des personnalités et des dons de chaque compositeur,  
l'observance — ou la transgression — de la forme*

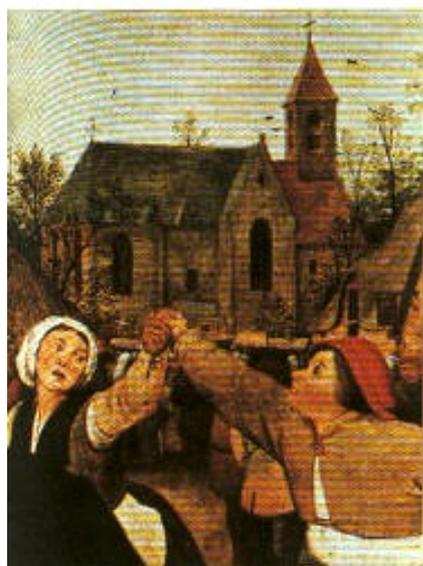
*font partie intégrante du geste créateur.*

*Il nous semble opportun de proposer aujourd'hui  
quelques éclaircissements sur la Suite de danses.*

*Tout d'abord parce qu'elle est l'une des formes les plus répandues,  
du XVI<sup>e</sup> siècle au XVIII<sup>e</sup> siècle, mais aussi parce qu'elle est à l'origine  
de toutes celles qui prolifèrent*

*à partir de l'époque que nous appelons communément classique.*

*A l'issue de cet exposé, nous proposerons,  
comme de coutume, une discographie sélective.*



*Les paysans. Bruegel l'Ancien.  
Danse. Mme de Sévigné ne manquait pas  
d'observer que l'on dansait aussi bien au fin fond  
de la campagne normande qu'à la Cour...*

## Qu'est-ce qu'une Suite ?

Comme son nom le laisse supposer, c'est une succession de pièces à danser que la logique a voulu de rythmes et de tempi différents. Leur structure et leur tonalité sont identiques et immuables. Il s'agit donc d'une forme composée, à la différence de la fugue, du poème symphonique qui sont monolithiques. Bien sûr, la Suite a subi plusieurs métamorphoses au cours des différentes phases de son histoire et elle peut, ici ou là, contredire notre tentative de définition.

## L'évolution de la Suite

L'art est le reflet de toute société. Les bouleversements politiques et religieux engendrent des fluctuations dans la forme et l'expression artistiques. A moins que ce ne soit l'inverse... On ne débattrait pas ici de ce problème qui est d'une tout autre nature ! La pensée philosophique de la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle est largement à l'origine des profondes mutations que l'on sait...

L'origine de la Suite remonte à l'époque médiévale. Déjà les ménestrels, les jongleurs (interprètes des troubadours, puis des trouvères) avaient coutume, lors de leurs tournées, de faire danser la noblesse en faisant alterner pièces lentes et rapides... Simplement parce qu'après une lente, pour s'échauffer, on en dansait une rapide et ainsi de suite. Toute alternance suppose un contraste et vice versa. L'instrumentarium que l'on observe entre la fin du

XI<sup>e</sup> et la fin du XIII<sup>e</sup> siècle est largement tributaire des croisades, donc de l'Orient. On y trouve des flûtes, des anches médiévales, des violes, des harpes et une grande quantité d'instruments à percussion. Bien sûr, la couleur sonore est aléatoire, de même que la structure qui repose généralement sur quelques phrases — souvent deux ou quatre — que l'on peut redire à volonté, pour les besoins du divertissement. Tourdions, pavanés, saltarelles, rondes, touichias (venues d'Afrique) constituent les premiers canevas rythmiques qui engendreront plus tard la Suite. A ces danses, on peut joindre l'estampie qui était une « chanson à danser », dont le contenu poétique était souvent d'une singulière naïveté. Il faut préciser qu'à cette époque, la danse est collective. Il faudra attendre le XIX<sup>e</sup> siècle pour que — l'individualisme aidant — le « couple » en devienne le symbole. Les danses ont tôt fait de s'infiltrer dans les différents pays d'Europe et l'on observe, dès le XIII<sup>e</sup> siècle, des « échanges » que soulignera l'internationalisme du vocabulaire chorégraphique de l'Europe baroque.

Aux XIV<sup>e</sup> et XV<sup>e</sup> siècles, la musique instrumentale et la danse ne font qu'un. La musique pure est essentiellement religieuse. Seule, la voix est jugée digne de chanter les louanges divines ; de ce fait il n'existe pas encore de musique savante profane à caractère instrumental. Quelques transcriptions de chansons laissent cependant prévoir les futures « canzones » italiennes. Tous les grands

maîtres de cette vaste période pré-renaissante — Machaut, Dufay, Binchois, Ockeghem, Josquin — n'hésitent pas à utiliser dans leurs messes et motets certains rythmes de danses, à des fins figuralistes.

Mais il faut attendre le début du XVI<sup>e</sup> siècle pour que la musique de danse s'organise de telle sorte que l'on prenne autant de plaisir à l'ouïr qu'à la vivre. Les luthistes italiens ont beaucoup contribué à la stylisation de la Suite de danses. Ils prirent l'habitude d'enchaîner au luth deux paires de danses, de rythmes opposés. J. A. Dalza, V. Capirola, F. da Milano, A. de Rippe, influencèrent considérablement les luthistes français du début du XVII<sup>e</sup> siècle comme Gaultier, Mouton et Dufaut, ou espagnols comme Luys Milan. Les Italiens aimaient à clore leurs quatre « mouvements » par un postlude purement instrumental dont le caractère improvisé brisait la domination du rythme. Puis, les quelques accords que l'on égrenait au début, pour ajuster l'instrument, finirent par s'intégrer à la Suite en devenant libre.

Toute l'Europe de la Renaissance, réformée ou non, danse au son des luths, guitares, vihuelas ou autres instruments de la famille. Déjà, la grande beauté musicale de certaines danses esquisse la rupture qui se consummera vers la fin du XVII<sup>e</sup> siècle. Les « Lacrimae » de Dowland, les giges de Byrd, les allemandes de Louis Couperin ne sont déjà plus des pièces à danser. Elles s'adressent

davantage au cœur et à l'esprit.

C'est à la fin du XVI<sup>e</sup> siècle que Toinot Arbeau entreprit, dans son « Orchésographie » de classer et de définir les principales danses françaises, alors très en vogue. L'ouvrage — récemment réédité — tentait de conserver à la danse sa vocation première en l'éloignant des desseins trop habiles des compositeurs...

La Suite prend son visage définitif au milieu du XVII<sup>e</sup> siècle. Elle se codifie, s'organise, tout en s'éloignant de sa vocation première. Grâce à des compositeurs italiens (Frescobaldi, Corelli), allemands (Froberger, Schein), anglais (Purcell, Locke), elle tend à s'articuler autour de quatre danses caractéristiques venues des quatre coins de l'Europe : l'Allemande, noble danse binaire d'origine probablement germanique, la Courante — vive ou lente selon qu'elle soit française ou italienne —, la Sarabande, majestueuse pièce ternaire venue d'Espagne et la bondissante gigue à 6/8 importée d'Angleterre.

Les progrès de la facture instrumentale, dès la fin du XVI<sup>e</sup> siècle, incitent les compositeurs à soigner leur écriture. Le contrepoint pénètre peu à peu la danse. Les sonates de chambre — da camera — de Corelli, de Purcell ne sont rien d'autre que des Suites de danses dont l'objet n'est plus la danse mais la musique.

A Versailles, l'engouement pour le ballet engendre bien des pages chorégraphiques que le divin Lully orchestre avec génie. A la Passacaille, danse hiératique s'il en est, le plus souvent à trois temps, le Surinten-

dant confie le soin de conclure ses opéras tels « Amadis » et « Armide ». Mais en même temps, il lui confère une profondeur, une autorité qui font de ces somptueux postludes les premiers essais symphoniques de la musique européennes.

La musique instrumentale est née ! Désormais la césure entre la danse et la musique — entre l'action et la contemplation — est nette. Pourtant, bien des éléments « techniques » continuent à les rendre complémentaires. Allemande, Courante, Sarabande et Gigue constituent la base de toute « sinfonia » ou « sonata da camera ».

La sonata da chiesa — sonate d'église — elle aussi en quatre mouvements alternés, ne s'en différencie que par la disposition de l'écriture, plus abstraite. Mais l'esprit est identique. Les Concerti Grossi opus 6 de Corelli comptent huit sonates d'église et quatre de chambre (avec mouvements de danse).

C'est — disons entre Couperin et Bach — au début du XVIII<sup>e</sup> que la Suite connaît son apogée et, par-là même, ses premières causes de désintégration. La place nous manque pour évoquer dans ce bref historique tous les maîtres qui s'illustrent dans cette forme éminemment baroque. Il faudrait évoquer bien sûr les Couperin, Louis et François, mais aussi A. et D. Scarlatti, Muffat, Telemann, Rameau, Buxtehude, Zelenka, Haendel et Bach...

Contentons-nous, arbitrairement, des plus représentatifs. François Couperin, d'abord... Il intitule ses Suites « Ordres », mêlant ainsi en un savant cocktail les danses traditionnelles à des pièces « de genre » dont la structure et le rythme cachent, ici une allemande, là une gigue ou une courante. Avec ses vingt-sept Ordres, F. Couperin est, avec Rameau, l'un des plus grands praticiens français de la Suite instrumentale.

Haendel a également dédié au clavecin quantité de Suites auxquelles il faudrait joindre les nombreuses sonates en duo et en trio, d'inspiration italienne. Mais il convient de souligner la place enviable qu'occupent dans la musique orchestrale du XVIII<sup>e</sup> siècle, le « Royal Fire Works » et surtout la « Water Music » qui, par l'ampleur de leurs proportions, annoncent les grandes

fresques symphoniques à venir...

Bach avait-il conscience que la perfection de son écriture et l'immensité de son génie allaient éteindre à jamais la flamme de la Suite ? Le Cantor a laissé vingt-trois Suites pour clavecin auxquelles il faut ajouter les Suites pour luth, les Partitas pour violon, les Suites pour violoncelle ainsi que les quatre grandes « Ouvertures » orchestrales. On pourrait aussi citer certaines « partitas » pour orgue dont la facture harmonique a bien des traits communs avec la Suite. Bach a poussé tellement loin ses recherches contrapuntiques que ses Suites sont devenues — comme chez Couperin et Haendel — de la musique pure. Ainsi, dans ses Partitas pour clavecin, il fait naître ses danses du vaste « prélude », satisfaisant ainsi à l'idée de « variation » et rejoignant le cadre des « Goldberg ». D'autres pages, telle la sarabande de la 2<sup>e</sup> Suite orchestrale, déploient un strict canon entre le dessus et la basse. Enfin, Bach n'hésite pas à recourir à la fugue dans ses giges, où les deux volets qui les composent sont en miroir !... Quant aux Cantates, elles citent fréquemment des danses, comme cette gracieuse gigue que dessine le violon solo dans l'introduction de la cantate BWV 65 pour la fête de l'Épiphanie.

Les fils de Bach sont les premiers à mesurer l'ampleur du génie paternel. Ils comprennent que la musique doit explorer de nouveaux horizons... Avec leurs confrères de l'école de Mannheim, ils élaborent peu à peu la « sonate classique » qui naîtra des cendres de la Suite. C'est cette nouvelle forme qu'honorera Mozart. Mais, à la Suite, il ne touchera que fort peu. Seules les « Cassations » (dont le sens est à prendre au premier degré, c'est-à-dire une composition fragmentée) et autres « Sérénades » rendent hommage à cette vieille forme que l'auteur de « Don Giovanni » évitera avec soin.

Après les fureurs romantiques — d'où la Suite est exclue — le XX<sup>e</sup> siècle tentera ici et là de revivifier l'antique forme définitivement démodée... Le « Tombeau de Couperin », « Pierrot Lunaire » ont pourtant fait briller de quelque lustre l'esprit de la Suite de danses... Mais, ni Ravel, ni Milhaud, ni Schoenberg ne se sont souciés d'en respecter la lettre...

## Les grands principes de la Suite : Le monothématisme et la structure binaire

Comme toutes les formes classiques, la Suite obéit à des lois très strictes. Porteuse des principes esthétiques des XVI<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup> siècles, la Suite n'utilise qu'un seul thème par danse. Elle répond en cela à la règle des trois unités du théâtre classique que Boileau définit dans son « Art poétique » :

« Nous voulons qu'avec art l'action se ménage :

Qu'en un lieu, qu'en un jour, un seul fait accompli

Tienne jusqu'à la fin le théâtre rempli. »

Cette recherche unitaire culmine dans la façade de Versailles, mais aussi dans la célèbre colonnade du Louvre ou les majestueuses façades de la Place Vendôme.

Mais la Suite réfléchit également le symbole de la monarchie absolue où tous les pouvoirs sont condensés dans la main du roi... La fugue, le choral et variations incarnent aussi ce grand principe unitaire. Si l'on observe une gigue de Bach, par exemple, on constate qu'un motif « unique » est à l'origine de toute la composition ; toutes les voix s'en inspirent sans jamais s'en éloigner.

L'élément de variété est obtenu grâce à la « structure binaire » qui permet au thème de circuler dans les tonalités voisines du ton fondamental. Le premier volet de la danse évolue du ton principal (Do majeur par exemple) vers le ton de la dominante de ce ton, c'est-à-dire Sol majeur (5<sup>e</sup> degré de la gamme). Le second volet, par un jeu d'habiles modulations, va parcourir le chemin inverse (de la dominante au ton principal) tout en faisant subir au thème quelques mutations harmoniques ou mélodiques. Mais un vieil adage médiéval veut que l'on joue chaque partie deux fois, ce qui donne finalement le schéma AAA'A'. Les deux volets peuvent être égaux. Mais souvent, le second est le double ou le triple du premier (ex. : A = 4 mesures ; B = 12 mesures - le tout faisant 32 mesures). Il faut remarquer que le second panneau est une sorte de variation du premier, mais qu'il s'achève toujours par la réapparition quasiment textuelle du premier. Voici le plan

fréquent de bien des danses du XVII<sup>e</sup> siècle :

$$(A = a) \times 2 ; (A' = b + a) \times 2$$

Ces dispositions métriques et harmoniques furent quasiment immuables jusqu'à l'avènement de la symphonie dont la structure est une déviation amplifiée de celle de la Suite de danses.

Pour illustrer notre propos, nous suggérons maintenant une série d'enregistrements particulièrement significatifs, dont les qualités artistiques et techniques répondent à nos habituelles exigences. Comme nous l'avons souvent signalé, la discographie est fort pauvre en ce qui concerne la fin du Moyen-Age et le début de la Renaissance.

## Des enregistrements particulièrement significatifs de la Suite

### Guiraut Riquier et la cour d'Alphonse X le Sage

(La Compagnie Médiévale ; dir. : H. Berteaux) - 1 x VP 789 011

\*\*\*

**The Dante Troubadours**  
(Medieval Ensemble ; dir. : M. Best)  
1 x NIM 5002

\*\*\*\*

**Le Moyen Age Catalan**  
(Ars Musicae de Barcelone ; dir. : E. Gispert)  
1 x HM 190 051

\*\*\*\*

**Danses Anciennes de Hongrie**  
(Clemenc Consort) - 1 x HM 1901003

\*\*\*\*\*

**Airs et Danses de la vieille Europe**  
(A. Isoir - orgue de St Guilhem-le-Désert)  
1 x PV 787 031

\*\*\*\*\*

**Airs et Danses anciens**  
(Paul O'Dette ; luth ; R. Covey-Crump ; ténor)  
1 x HYP CDA 68228

\*\*\*\*

**Josquin Desprez : Chansons**  
(Ensemble Clément Janequin)  
1 x HM 901 279

\*\*\*\*

**Danses populaires françaises tirées de l'Orchésographie de Thoinot Arbeau**  
(The Broadside Band ; dir. : J. Barlow)  
1 x HM 901 152

\*\*\*\*

**Musique vénitienne des « Piffari » (1500-1600)**  
(The New-York Cornet & Sacbut Ensemble ; dir. : B. Peck) - 1 x PANTHEON D 14120

\*\*\*

**Luys Milan « El Maestro » : Musique pour vihuela**  
(Hopkinson Smith)  
1 x AST E 7748

\*\*\*

**F. da Milano : « Intabolutura de lento »**  
(P. O'Dette ; luth) - 1 x AST E 7705

\*\*\*\*

**Dufaut : 5 suites pour luth**  
(L. Pemot ; luth) - 1 x ACC MU 200 262

\*\*\*\*

**Ch. Mouton : Pièces de luth**  
(H. Smith ; luth) - 1 x AST E 7728

\*\*\*\*\*

**Le Vieux Gaultier : Pièces de luth**  
(H. Smith ; luth) - 1 x AST E 8703

\*\*\*\*\*

**J. Dowland : « Lachrimae » (pavanés et gaillardes)**  
(Hespèrion XX ; dir. : J. Savall)  
1 x AST E 8701

\*\*\*\*\*

**A. Corelli : 8 sonates en trio (op. 1 et 2)**  
(Membres de l'English Concert ; dir. : T. Pinnock) - 1 x ARC 419 614-2

\*\*\*\*\*

**A. Corelli : 5 sonates en trio (op. 5)**  
(S. Kuijken ; W. Kuijken ; R. Kohnen)  
1 x ACCENT ACC 48433 D

\*\*\*

**Oeuvres de clavecin de Louis, Armand-Louis et François Couperin**  
(G. Leonhardt ; clavecin) - 1 x PHI 420 939-2

\*\*\*\*\*

**F. Couperin : Pièces de violes**  
(J. Savall ; A. Maurette ; violes ; T. Koopman ; clavecin) - 1 x AST E 7744

\*\*\*\*\*

**F. Couperin : 15<sup>e</sup>, 16<sup>e</sup> Ordres**  
(B. Verlet ; clavecin) - 1 x AST E 7759

\*\*\*\*\*

**J.S. Bach : Suites françaises**  
(Ch. Hodwood ; clavecin)  
2 x O.-LYRE 411 811-2

\*\*\*\*

**J.S. Bach : Six Partitas**  
(K. Gilbert ; clavecin)  
2 x HM HMC 901 144-45

\*\*\*\*\*

**J.S. Bach : 5 Ouvertures pour orchestre**  
(Musica Antiqua Köln ; dir. : R. Goebel)  
2 x ARC 415 671-2

\*\*\*\*\*

**G.F. Haendel : Royal Fireworks Music - Concerti a due cori**  
(English Baroque Soloists ; dir. : J.E. Gardner) - 1 x PHI 411 122-2

\*\*\*

**G.F. Haendel : Water Music**  
(Concentus Musicus Wien ; dir. : N. Harnoncourt) - 1 x TELDEC 8 42368 ZK

\*\*\*\*\*

**G.F. Haendel : 5 Suites de clavecin**  
(K. Gilbert ; clavecin) - 1 x HM HMC 90447

\*\*\*\*

**W.A. Mozart : 3 sérénades nocturnes K 525, 286, 239**  
(The Academy of Ancient Music ; dir. : Ch. Hogwood) - 1 x O.-LYRE 411 720-2

\*\*\*\*\*

**D. Milhaud : Scaramouche**  
(avec Bartok et Ravel)  
(K.H. Mrongovius ; B. Uriarte ; pianos)  
1 x WERGO WER 60 118-50

\*\*\*

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

# ...LA RENCONTRE

*Renaud de Vergnette  
Gérard Chrétien*



- *La nouvelle unité de fabrication Triangle.*
- *Vue partielle du laboratoire de mesure équipé, outre des capteurs B et K, en Hewlett Packard : analyseur FFT HP 35660 A, synthétiseur de fréquences HP 8904 A, mini-ordinateur HP 9000 série 310.*



- *Salle de montage des haut-parleurs. Des bobineuses ont été spécialement développées pour bobiner intérieur et extérieur support.*
- *La visite de l'unité de fabrication Triangle par l'équipe Fréquences. De gauche à droite : E. Fontaine, J. Hiraga, V. Cousin, G. Chrétien, C. Blérald, E. Pastor, G. Belot, P. Vercher et R. de Vergnette.*



**G.C. :** *Votre société s'est vu décerner le trophée Joseph Léon de « la jeune entreprise française ayant démontré son savoir-faire ». Ce trophée vient récompenser une démarche toute personnelle qui vous a permis en quelques années de positionner Triangle à une place de choix dans le secteur de l'enceinte acoustique. Quels ont été, à votre sens, les choix qui ont permis une telle évolution ?*

**R.V. :** C'est avant tout une volonté d'entreprendre. Mais il est vrai que cette volonté d'entreprendre est basée sur une idée bien précise dont je n'ai jamais dévié jusqu'à ce jour : le haut-parleur quasi-large bande. C'est cette idée, ce choix, que je défendais à mes tout débuts dans L'Audiophile n° 18. Depuis,

même si je ne suis pas parvenu à cet idéal théorique, j'ai réussi à m'en approcher !... Je pense qu'à l'heure actuelle, une société qui fabrique des produits haut de gamme comme la nôtre, est une société qui ne peut, à mon avis, vraiment croître et prendre une place de choix que si elle a un profil d'évolution parfaitement défini, basé sur une idée maîtresse qui reste une constante de l'entreprise. Si l'on regarde les sociétés de haut de gamme qui existent à l'heure actuelle, que ce soit en haute-fidélité ou dans d'autres domaines, françaises ou étrangères, il y a une sorte de fil conducteur qui « pousse » l'entreprise et qui fait qu'elle acquiert une notoriété nationale voire internationale.

Certes, ce n'est pas facile

d'imposer son idée dans un contexte très concurrentiel, surtout lorsque celle-ci ne va pas dans le sens des tendances générales du marché. Pourtant, je suis persuadé que si Triangle a la position qui est la sienne aujourd'hui, elle la doit à cet attachement qui est le mien à ce choix de départ.

Mon rêve est tout simple, avoir une sorte de membrane unique qui puisse reproduire la totalité du spectre. Bien sûr, il existe l'électrostatique. Mais il a des lacunes qui sont pratiquement incontournables. C'est la raison pour laquelle je m'oriente sur l'électrodynamique. On aurait pu, dès le départ, partir sur l'électrostatique, c'était tout à fait faisable. On a délaissé délibérément ce projet parce que, à

mon sens, avec l'électrodynamique on peut aller plus loin.

**G.C. :** *Au fil des années, ce concept très simple, très monolithique, est-il passé auprès du public et pensez-vous que désormais il fasse partie intégrante de l'image Triangle ?*

**R.V. :** Il est évident qu'au début, lorsqu'on a proposé nos premières enceintes, à l'époque nous ne fabriquions pas nos haut-parleurs, avec des transducteurs membrane papier et suspension petit plis, beaucoup y ont vu une connotation assez rétrograde, voire amusante. Certains ont même été agacés, pourquoi avoir recours à de tels choix alors que l'on est dans l'ère des membranes composites ? Nous, délibérément, nous avons opté pour le papier parce que c'est un matériau naturel et j'estime qu'au niveau du son, de par sa structure spécifique, il est le seul matériau à l'heure actuelle à réunir autant d'avantages. Il est léger, rigide si l'on choisit un bon profil de membrane, et surtout il est musical. Ces caractéristiques sonores font partie intégrante du son Triangle et désormais elles sont très bien intégrées tant au niveau des revendeurs que du public.

**G.C. :** *Très vite vous avez pris la décision de fabriquer vos propres transducteurs, initiative courageuse pour une petite structure. La maîtrise de la technique bien spécifique du haut-parleur n'a pas dû être facile à acquérir, et vous semblez prouver que le risque mérite pleinement d'être pris ?*

**R.V. :** Il est vrai qu'au début, lorsque j'ai commencé à fabriquer des enceintes acoustiques, mon ambition était de fabriquer mes haut-parleurs. A l'époque, je ne m'imaginai pas que cela était aussi complexe d'une part et aussi coûteux, il faut bien le dire, d'autre part. Ceci étant, cela s'est fait progressivement. Volontairement, parce que nous voulions parfaitement maîtriser

la technique de fabrication et de montage des haut-parleurs. Il nous a fallu près de trois ans de mise au point avant de commencer véritablement à construire nos propres haut-parleurs. Pour nous, c'était aussi la façon de perpétuer l'esprit de l'entreprise et la façon de faire progresser réellement nos produits technologiquement. Lorsqu'on fabrique ses propres transducteurs on cerne complètement les paramètres du transducteur et l'on est à même de l'adapter totalement à l'enceinte. Et surtout on n'est plus du tout tributaire d'un sous-traitant et l'on peut réaliser des haut-parleurs, certes très coûteux, mais de haute volée où tout est parfaitement pensé et adapté à ses réalisations.

Avec le recul, je pense que cette étape était indispensable. Pour l'image de l'entreprise mais surtout pour son développement technologique. Je conçois difficilement pour ma part de fabriquer des enceintes acoustiques sans réaliser mes propres haut-parleurs. C'est un peu comme pour un constructeur automobile, faire des carrosseries est une chose, fabriquer ses moteurs en est une autre, c'est autrement plus grisant. Toutefois, nous n'avons franchi le pas que lorsque nous avons été à même de résoudre l'ensemble des problèmes. Ainsi, par exemple, pour les bobines il fallut avoir recours à des bobineuses sur mesure pour bobiner intérieur et extérieur du support. Cela parce qu'en termes de tenue en puissance, de régime impulsif, de distorsion... on gagne sur tous les niveaux ; simplement, faire ce type de bobine est très complexe et nous sommes très peu à le faire en France.

**G.C. :** *Votre choix en matière de membrane, très classique, ne s'inscrit pas, comme vous le notiez précédemment, dans la tendance actuelle marquée par l'utilisation de matériaux de synthèse ou composites. C'est*

*une volonté délibérée ?*

**R.V. :** C'est juste, c'est une volonté délibérée depuis le début. Parce que les haut-parleurs que nous faisons correspondent à ce que moi et l'équipe avec laquelle je travaille, ressentons. C'est-à-dire que nous recherchons avant tout à reproduire la musique. Il se trouve que, pour ma part, le papier allie légèreté, rigidité et amortissement. Au niveau son, c'est le matériau le plus naturel. Au début de Triangle, j'ai utilisé, comme tout le monde du bextrène, du polypropylène... Je ne me suis pas lancé dans le papier comme ça, j'ai utilisé toute sorte de matériaux. Même encore à l'heure actuelle, où l'ensemble de notre production est à base de membranes papier, nous essayons des haut-parleurs à membrane synthétique. Je ne suis pas tétu à ce point, j'aime bien connaître tout ce qui passe et je teste toute sorte de matériaux. Mais j'estime que pour un haut-parleur large bande, qui est notre concept, la membrane papier à fibres de cellulose est actuellement — je ne sais pas de quoi est fait l'avenir — avec une suspension réalisée dans la même matière, le meilleur compromis en termes de rapidité et de rigidité. A condition que la géométrie soit parfaitement étudiée ainsi que le pressage. Il y a un équilibre très précis à respecter entre poids, rigidité, pressage. A l'origine, cet équilibre a été défini de manière empirique. Maintenant, avec les moyens d'investigation dont nous disposons, on peut concilier les deux aspects en validant par la mesure le comportement à l'écoute. Avec une réserve toutefois, pour les registres graves et extrêmes-graves où l'on peut faire appel à des structures différentes. En dessous de 100 Hz, il est certain qu'il y a des matériaux plus appropriés que le papier. Il faut concilier rapidité et donc légèreté avec un travail en piston. Nous

travaillons sur des projets qui vont dans ce sens. Mais je me répète, pour la bande médiane, au sens large, avec un haut-parleur quasi-large bande, le papier reste pour moi la solution la mieux appropriée. Je pense que cela tient au fait que le papier a des propriétés d'amortissement à la fois rapide et homogène en fonction de la fréquence.

Le processus même de fabrication d'une membrane papier n'est pas étranger aux qualités. Des fibres de papier en suspension dans de l'eau sont déposées sur une matrice entraînée par un flot sous pression. Le dépôt se fait dans le sens du flux et il y a donc une orientation des fibres. La première phase inclut la suspension petits plis périphériques. Ensuite, après un premier pressage, on procède à la même opération en masquant la suspension et ce second dépôt ne se fait que sur la membrane proprement dite. Après un second pressage, la membrane est démoulée. Double avantage : la suspension très fine a la compliance souhaitée et il y a une parfaite continuité entre membrane et suspension puisque c'est la même matière d'une part et d'autre part lors du pressage il n'y a pas de déformation de la structure comme c'est le cas dans les membranes synthétiques puisque la forme même de la membrane est définie lors du dépôt sur la matrice. La forme n'est pas donnée par déformation au pressage.

**G.C. :** *Votre approche très intuitive, voire empirique, du début, a contribué pour une large part à mon sens à créer un « style » Triangle. Désormais, grâce à vos nouveaux équipements d'évaluation très évolués, la rigueur prend le pas sur l'empirisme. Pour vous, concepteur, comment vivez-vous cette nouvelle façon de travailler ?*

**R.V. :** Il est vrai que Triangle, au tout début, ne reposait que sur

moi. Je n'avais pas un bagage technique qui me destinait à faire de l'électroacoustique. Cependant, l'acoustique et la musique étaient des domaines qui me passionnaient. Très vite, j'ai réalisé que lorsqu'on démarre une entreprise, il faut parfaitement connaître ses qualités mais aussi ses faiblesses. Une entreprise est une structure en perpétuelle évolution, aussi l'une de mes premières volontés a été de m'entourer de gens compétent pour perpétuer l'esprit de départ dans les meilleures conditions. Ce que j'ai fait très rapidement. Aussi l'expérience du début n'a duré que très peu de temps. Financièrement parlant, tous les bénéfices ont été réinvestis, pour moi c'était une condition sine qua non de réussite. Aussi avons-nous pu étoffer notre structure comme je le souhaitais.

Quant à l'apport des moyens d'évaluation, cela s'est fait très progressivement afin d'allier autant que possible l'écoute et la mesure.

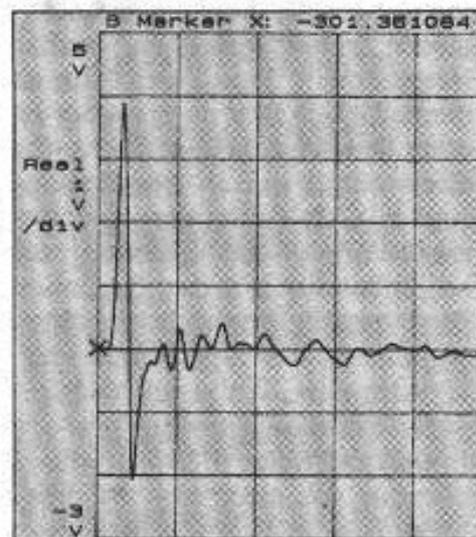
Désormais, la mise au point aidée par des moyens d'investigations puissants nous fait gagner énormément de temps en évitant par la rigueur qu'ils procurent les tâtonnements, les hésitations. La rigueur technique est indispensable mais elle ne doit pas supplanter l'approche subjective. L'un ne va pas sans l'autre, il n'y a pas de mystère. Il est impératif de conserver le caractère de l'entreprise au travers des produits qu'elle développe. C'est essentiel et cela échappe totalement à la simple technologie. Nous ne pensons pas, et nous ne le désirons pas d'ailleurs, satisfaire tout le monde. Ce n'est pas possible. Nous prétendons simplement faire des produits que nous apprécions. Nous avons nos fans et aussi nos détracteurs...

En termes de mesures proprement dites, nous privilégions des critères tels que la réponse impulsionnelle, accélération,

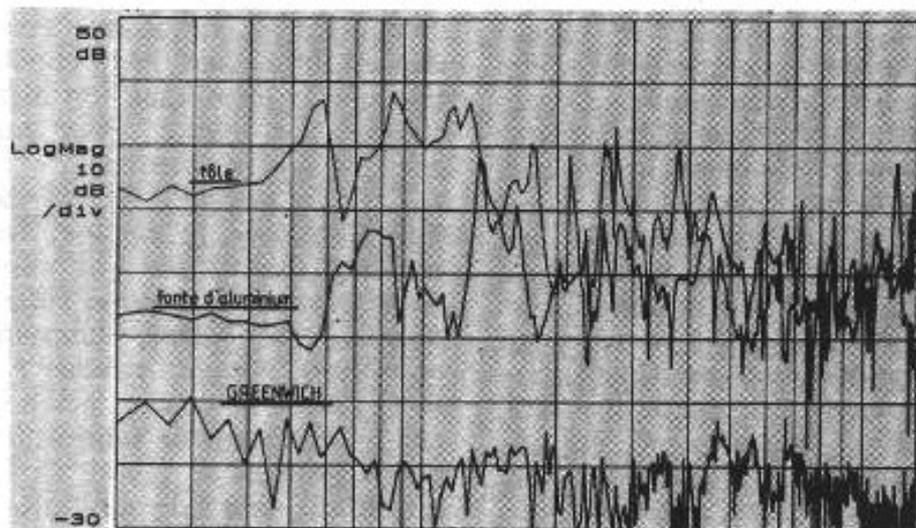
comportement vibratoire. Tout cela est intimement lié, à condition que la membrane soit bien réalisée, au timbre. Pour ma part, j'y suis très sensible.

**G.C. :** *La nouvelle version du T17FL découle, je suppose, des résultats fournis par vos nouveaux moyens de mesures : suppression du bicône, nouvelle membrane, nouveau saladier ?*

**R.V. :** Avec les progrès obtenus par un processus de fabrication plus rigoureux au niveau de la membrane, cela aidé par l'informatique d'évaluation (mesure de propagation de groupe), nous avons pu étendre la réponse dans le haut du spectre et, par conséquent, se passer du double cône. Même si celui-ci avait été parfaitement étudié sur la précédente version, il n'en procurait pas moins quelques petits accidents. La nouvelle membrane, plus rigide et plus linéaire avec un ogive, n'a pratiquement plus d'accidents et monte plus haut, cela avec une meilleure dispersion. Quant au saladier, outre la forme, les mesures de vibrations avec accéléromètre, ont révélé toutes choses égales par ailleurs, des différences marquées, en termes d'inertie. Ainsi, un saladier en fonte d'aluminium assez fin par rapport à un modèle en tôle classique est nettement plus performant. Jusqu'à 1 kHz, on gagne 20 dB mais au-delà ils ont



*Réponse impulsionnelle du nouveau T17FL.*



Comportement vibratoire de trois types de saladiers.

un comportement très proche l'un de l'autre. Sur notre nouveau saladier « Greenwich » hyper-rigide dont le moteur est coulé dans de la résine, le niveau de vibration est réduit de 40 dB soit 10 000 par rapport à un modèle tôle et cela sur toute la bande de fréquence.

**G.C. :** Vous vous attaquez à un nouveau challenge : l'électronique. Rares sont les firmes européennes qui ont réussi simultanément dans l'enceinte acoustique et l'amplification. Qu'est-ce qui a motivé un tel défi ?

**R.V. :** Plein de choses. C'est un développement que nous avons entrepris après mûre réflexion. C'est un projet de longue date, c'est un projet qui a germé dans ma tête il y a un peu plus de quatre ans et que nous avons commencé véritablement à étudier sérieusement depuis deux ans et demi. Le but était de proposer en complément à nos enceintes une électronique qui ait notre philosophie. Cela de manière relativement universelle puisque cet amplificateur n'a pas été conçu pour ne fonctionner qu'exclusivement avec nos enceintes. D'autre part, il y a un côté très cocorico dans le sens où en France, si nous n'étions envahi que par des électroniques japonaises, je me dirais qu'au niveau industriel, les Japonais sont beaucoup plus performants que

nous pour faire ce type de produits. Mais lorsqu'on s'aperçoit que le marché français est littéralement envahi, et pour cause, parce qu'il n'y a pas d'électroniques françaises en dessous de dix mille francs, par des électroniques anglaises, on réalise que ce n'est pas le cas. C'est une chose que je constate mais que j'ai du mal à supporter. C'est là qu'il y a cette notion de défi. Pour produire une électronique dans cette gamme de prix, outre l'aspect purement qualitatif, il faut une volonté résolument industrielle. C'est ce qui m'a motivé.

A l'origine, c'est un schéma d'un passionné d'électronique qui m'a été soumis. Les qualités m'ont immédiatement séduit. Mais le projet tel qu'il m'avait été présenté était irréalisable. Le prototype était énorme. Il fallait entamé un processus d'industrialisation tout en préservant les qualités d'origine. Et je dois dire que ce challenge m'a réellement motivé. De plus, j'avais une idée de carrosserie ergonomique techniquement pensée...

Certes, il s'agit d'un défi mais d'un défi parfaitement calculé. Je me lance dans l'électronique comme je me lancé il y a quelques années dans l'enceinte acoustique puis dans le haut-parleur. D'autant que cet amplificateur rejoint quelque part mon concept en matière de haut-

parleur large bande, dans le sens qu'il y a très peu de contre-réaction. Sur le trajet du signal, il n'y a ni correction, ni compensation. Le schéma est très simple afin d'avoir une transmission très rapide et ainsi procurer une écoute très vivante. Un peu comme dans nos enceintes dans lesquelles il n'y a pas de filtrage. **G.C. :** Votre passion pour le design vous a poussé à concevoir votre propre unité de production selon des critères bien spécifiques qui, je crois savoir, vous tenaient particulièrement à cœur...

**R.V. :** C'est vrai. Parce que je pense que dans la vie tout est lié. Il y a une qualité de vie que l'on retrouve partout. Dans le travail, dans la vie de tous les jours. Je pense que la vie est faite de belles choses, de beaux objets, de belles situations. Pour le travail, c'est pareil. Ma formation initiale est surtout une formation de designer et j'ai voulu qu'au niveau de l'usine on puisse travailler dans des lieux très clairs, très « clean » mais aussi avec de la couleur, afin de procurer à l'équipe les conditions les plus agréables possibles. Je crois qu'il est très facile de faire du beau et je ne vois pas pourquoi on s'en priverait !

Avant de construire l'usine, j'ai travaillé pendant près de cinq ans dans des locaux « provisoires ». J'ai ainsi pleinement pris conscience des nombreuses lacunes et des problèmes inhérents à l'adaptation du local à notre activité. Aussi, quand j'ai décidé de réaliser ces locaux industriels, j'ai immédiatement pensé à la facilité et à la rapidité de circulation et de fabrication des produits à l'intérieur de l'usine. Ajouter à cela, j'ai voulu que ce soit agréable et beau. Beau à mon goût et au goût de l'équipe car je ne prétends pas, là non plus, détenir une vérité. Bref, un bâtiment qui corresponde à l'image de l'entreprise et à son éthique.

# LE MUSEE IMAGINAIRE

Jean Hiraga

# C

*est à la fin des années 50, au moment de la lancée de la stéréophonie, que l'on vit apparaître en France plusieurs amplificateurs qui furent conçus pour rivaliser avec les marques américaines, anglaises ou japonaise. Face à des marques telles que Mac Intosh, Marantz, Scott, Sherwood, Fisher, Trio, Sansui, Quad, Radford, Lowther, Leak et bien d'autres, on vit naître plusieurs produits français dont Hitone faisait partie.*

La société Hi-Tone, fondée vers 1957 par des passionnés de haute-fidélité, prit la sage décision de commercialiser tout d'abord des petits amplificateurs intégrés de puissance modérée aux performances plus qu'honorables, le tout pour un prix compétitif. Il faut retenir parmi les premiers modèles, le H8, un amplificateur monaural de puissance 8 W qui fut suivi d'une version stéréo plus puissante, le H212S (2 x 12 watts), lequel voyait le jour en 1959. A cette époque, Hi-Tone proposait déjà la bi-amplification active à l'aide de deux amplificateurs H212S et d'une paire d'enceintes deux voies HE 35, ce qui témoigne de

ce souci de perfection sonore que l'on constatera dès les premières créations. Mais ce H212S devait se moderniser rapidement. De l'esthétique à face avant inclinée assortie d'une ébénisterie rappelant fortement les bons postes de radio de l'époque et afin de concurrencer des marques comme Scott ou Sherwood, Hi-Tone abandonnait les coffrets en bois, les vieux boutons, pour passer au « design » superbement réussi du H 300 que nous allons décrire.

Beau, puissant, performant, le H 300 était un amplificateur intégré bourré d'astuces. Le H 300 est très certainement le modèle qui a fait de Hi-Tone une marque dont on allait parler pen-

# HITONE 3000

# HE 35

# HITONE

# HITONE

# HITONE

dant de longues années. Les publicités de 1966, au moment de la lancée du H 300, annonçaient fièrement : «  $2 \times 30$  W, bande passante 22 Hz à 35 kHz  $\pm 0,5$  dB, taux de distorsion harmonique 0,06 %, c'est l'amplificateur le plus révolutionnaire de l'année. »

Parlons tout d'abord des particularités du H 300. Les commandes d'entrée son dédoublées, de même que les commandes de volume ou de tonalité, ce qui en faisait une véritable configuration « double mono ». On trouve également sur la face avant satinée teintée champagne et bordée d'un cadre doré, un sélecteur de fonction (mono A, mono B, mono A + B, stéréo mixée) assorti d'un affichage lumineux, une sortie « 3<sup>e</sup> canal » à niveau réglable (pour une option triphonique), une prise casque, un commutateur mono-stéréo pour pick-up, une commande de monitoring, un filtre passe-bas (coupure de fréquences supérieures à 10 kHz) ainsi qu'une commande de mise en service des haut-parleurs. Ce n'est pas tout. On trouve sur le dessus du châssis doré, sérigraphié et équipé de deux blindages, deux inverseurs 3 positions : 4  $\Omega$ , 8  $\Omega$  et 16  $\Omega$  et à l'arrière des réglages de niveau de sortie pour enregistrement, un inverseur de phase, une prise DIN 5 broches et 8 paires de prises Cinch (dont une est réservée à l'entrée micro). Un bouchon porte-fusibles assure l'adaptation sur les secteurs 110, 127, 220 et 237 V.

Sur le châssis du H 300, les composants sont disposés de façon rationnelle. Derrière la face avant se trouve un capot de blindage pour améliorer le rapport signal/bruit et une sorte de radiateur séparant thermiquement les tubes de puissance du reste. Malgré la présence de nombreux circuits de commutation, des filtres et des contrôles de tonalité, le câblage reste aéré. Les composants passifs sont en

grande partie alignés sur trois grandes barrettes à cosses.

## Le circuit

Il s'inspire fortement de celui d'un autre modèle, le H 225, ce dernier étant lui-même assez proche du H 150 (qui était équipé des tubes de puissance EL 84).

On rencontre sur la section amplificatrice une demi-triode ECC 83 montée en polarisation automatique avec découplage partiel d'une des deux résistances de cathode. La plaque est chargée par une résistance de 150 k $\Omega$ . En parallèle sur celle-ci se trouve un réseau RC série correcteur de phase (33 k $\Omega$  + 150 pF). La plaque est reliée en direct à un déphaseur de Schmidt (ECC83). Les deux plaques du tube sont chargées par des résistances de 39 k $\Omega$  ainsi que par un trimmer de 10 k $\Omega$  dont le curseur est relié à la haute tension filtrée. Ce trimmer, ainsi qu'un réseau RC série (4,7 nF + 2,2 M $\Omega$ ) servent à équilibrer l'amplitude des signaux de sortie issus du déphaseur, y compris dans la bande 20~100 kHz environ, ce qui assurera une extension de la bande passante aux fréquences élevées sans risques d'instabilité. L'étage déphaseur-driver est relié aux grilles des tubes de puissance par l'intermédiaire de condensateurs de liaison de 0,47  $\mu$ F et de résistances d'arrêt de 1,5 k $\Omega$ . Les tubes de puissance qui étaient au début des tétrodes 7868 furent remplacés par des 7591 (tubes américains assez proches des 6L6, à brochage octal). Les cathodes sont reliées à la masse.

Les résistances de fuite de grille de valeur 270 k $\Omega$ , sont reliées à un circuit de polarisation négative ajustable entre -10 et -22 V environ. Les grilles-écran sont montées sur des prises médianes des enroulements primaires du transformateur de sortie pour former un montage ultra-linéaire avec pri-

ses écran à 43 % et fonctionnement en classe AB. Le transformateur de sortie de très haute qualité avait été conçu spécialement par la société Chrétien à Paris pour le compte de Hi-Tone. Il porte la référence Hi-Tone TS 300. Sa configuration est identique à celle de la version H225I (de conception très proche, mais avec une façade plus simple). Ce transformateur à tôle découpées et orientées comporte deux enroulements secondaires dont un est réservé exclusivement à la contre-réaction. L'autre enroulement est muni de deux prises médianes. Un sélecteur 3 positions, placé à l'arrière du châssis à proximité des tubes assure l'adaptation d'impédance pour les valeurs de 4, 8 et 16  $\Omega$ . De chacune des prises 16  $\Omega$  partent deux résistances de 15 k $\Omega$ . Elles sont reliées à la sortie « 3<sup>e</sup> canal » à travers un potentiomètre. En reliant cette sortie à l'entrée d'un amplificateur (monaural) séparé et à une enceinte centrale, ou pouvait ainsi combler le phénomène de « trou central » que l'on reprochait à la stéréophonie, mais dont on ne fait pratiquement plus état aujourd'hui. A noter qu'une des sorties haut-parleur (bornier à vis sur la face arrière) est reliée à un inverseur de phase.

L'alimentation du H 300 ne suscite pas de remarque particulière. La haute tension est obtenue à partir d'un enroulement secondaire de 300 V relié à un pont redresseur au silicium et à deux cellules de filtrage destinées à chacun des canaux. Une partie des circuits filament est redressée dans le but d'une amélioration du rapport signal/bruit. Quant aux étages d'entrée, ils sont conçus à partir de trois demi-triodes ECC83, soit deux pour l'étage phono (avec correction RIAA active plaque/cathode) et une pour les entrées haut niveau qui est suivie des correcteurs de tonalité, des filtres et de l'inverseur de mode.



## Mesures

Passer au banc de mesure, un amplificateur à tubes construit en 1966 ne manque pas d'intérêt.

Le H 300 s'est très bien comporté aux mesures malgré son âge. Avouons toutefois qu'un condensateur électrochimique s'est mis en court-circuit au cours des essais et qu'il a dû être remplacé. A partir du secteur 220 V, il a été obtenu une puissance de  $2 \times 28$  W avec les deux canaux en service et de 30 W sur un seul canal.

Le taux de distorsion harmonique se situe entre 0,08 % et 0,4 % environ. Ces valeurs sont proches des valeurs d'origine. Les signaux carrés sont corrects

**2 x 30 W**

**22 à 35 kHz  $\pm$  0,5 dB**

**0,06 %** distorsion harmonique

**HI-TONE H 300**

**L'ampli le plus révolutionnaire de l'année.**

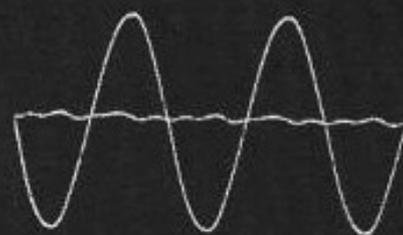
*Publicité du constructeur en 1966 pour le lancement du H 300.*



*Forme du signal carré à 10 kHz avec commande de volume en début de course. On remarque un dépassement important (signe d'une résonance située au-dessus de 20 kHz).*



*Forme de l'écrêtage à 1 kHz.*



*Forme de l'écrêtage à 20 kHz.*



*Forme du signal carré à 10 kHz avec commande de volume aux 3/4 de sa course. Le résultat est proche de la perfection.*

(temps de montée  $3,5 \mu\text{s}$  à 10 kHz). On remarque toutefois que leur forme se modifie selon la position de la commande de volume. Aux  $3/4$  de sa course, la forme du carré est impeccable. A fond, elle tend à s'arrondir tandis qu'en début de course on constate un dépassement très marqué. On obtient en résumé et à 20 W :

- 0,30 % à 40 Hz
- 0,12 % à 1 kHz
- 0,35 % à 20 kHz.

A 10 W, on obtient 0,08 % à 1 kHz.

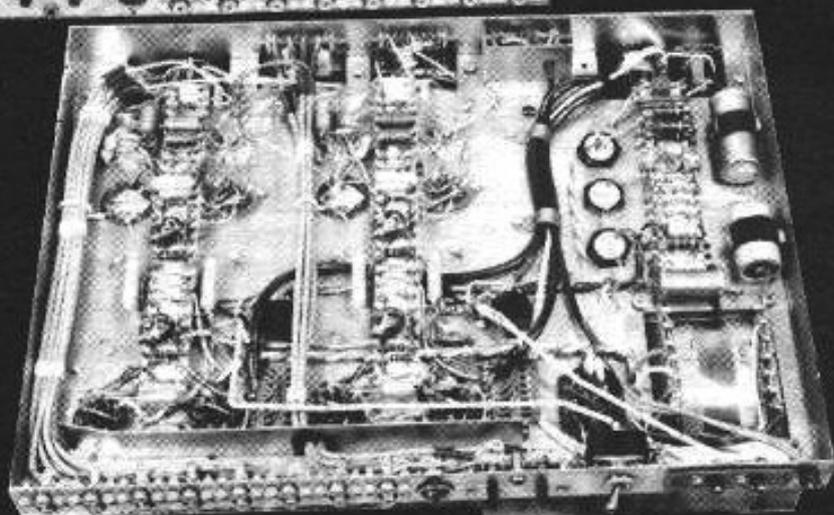
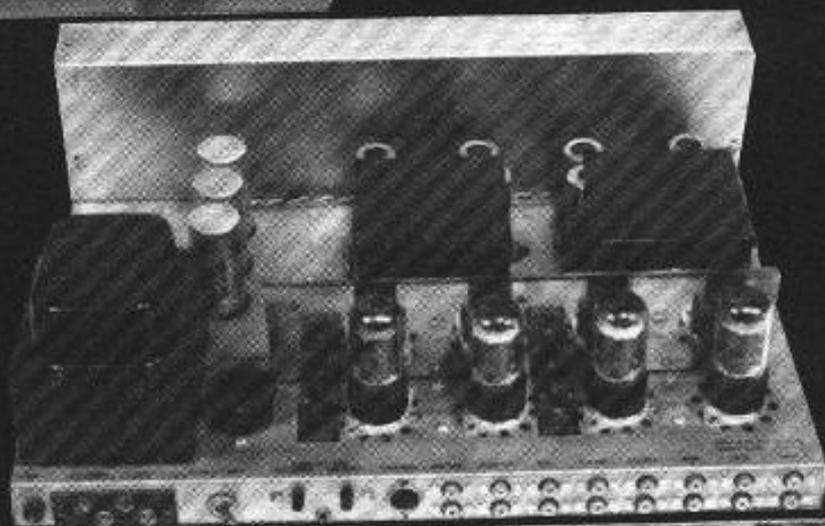
A 1 W, le taux de distorsion diminue mais le bruit résiduel remonte, ce qui donne une valeur moyenne de 0,11 % à toutes les fréquences.

## Résultats d'écoute

Signalons tout d'abord que le Hi-Tone H 300 a été construit en 1966, au moment où sont apparus les premiers amplificateurs

entièrement équipés de transistors au silicium. Les composants passifs sont, de ce fait, de technologie peu démodée et n'ont pas semblé avoir été sujets à des problèmes de vieillissement semblables à ceux rencontrés sur des appareils plus anciens.

L'écoute du H 300 est un bonheur sans mélange. On comprend pourquoi des critiques connus, tels que Jean-Marie Marcel, considéraient cet appareil comme l'une des meilleures références de l'époque. L'ensemble de la restitution présente des tendances mélodieuses et veloutées qui mettent en valeur la richesse des écritures musicales, des interprétations et des prises de son. C'est un « style d'écoute » dont on ne se lasse pas, bien que le H 300 ne puisse être considéré comme « hyper-analytique ». La force, le charme de cet amplificateur pourraient avoir pour origine un équilibre remarquablement réussi de différents paramètres tels que la balance tonale (tendance chaude avec une petite pointe de présence dans l'extrême-aigu), la dynamique (relativement élevée et régulièrement étalée dans la bande reproduite) et l'effet stéréophonique (large, avec une excellente notion de la profondeur). Une très légère pointe existe dans l'extrême-aigu mais celle-ci peut être supprimée en jouant sur les contrôles de tonalité. Cette pointe est ressentie à l'écoute comme un effet de présence qui



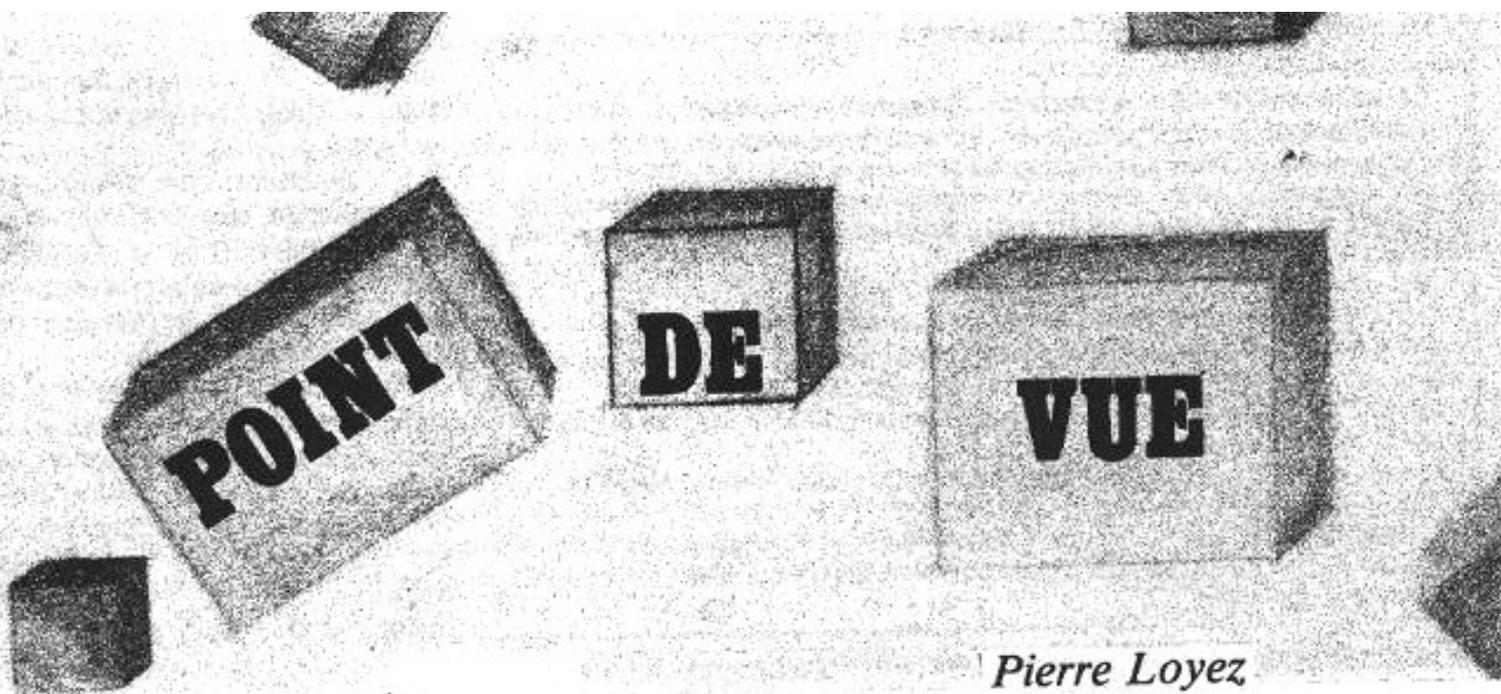
*Hi-Tone H 300. Vue du dessous du châssis. Le câblage est aéré et soigné.*

renforce l'impression de netteté de certains instruments (la guitare, la flûte entre autres) sans ajouter toutefois de coloration à tendance dure ou métallique. Le H 300 est « anti-agressif » au possible. Cette étonnante sensation de « son qui plane » est peu commune, du moins sur les appareils transistorisés. En y écoutant des enregistrements des années 60 repris sur disques CD et sur de bons haut-parleurs de la même époque on se pose des questions à propos des « énormes progrès » dont ont tant

parlé les constructeurs.

Relativement récent, le Hi-Tone H 300 peut être remis facilement en état. Il est souhaitable de remplacer d'office tous les condensateurs électrochimiques ainsi que les quatre tubes de puissance 7591 (s'ils présentent un aspect usagé). Les potentiomètres doivent parfois être nettoyés (produits nettoyants et lubrifiants pour contacts électriques) ou remplacés. On peut éventuellement remplacer les prises Cinch par des modèles de

meilleure qualité, ce qui représente un certain travail ainsi que les bornes H.P. peu pratiques. A l'aide du schéma, la vérification des tensions en différents points du circuit est facile, le câblage étant aéré. L'examen de cet appareil, de même que celui d'autres amplificateurs intégrés de la même marque montre les grandes compétences de l'ingénieur Jean Kagan qui a su utiliser au mieux les composants de l'époque avec énormément de savoir-faire.

Three 3D rectangular blocks are arranged to spell out the words 'POINT', 'DE', and 'VUE'. The 'POINT' block is tilted to the left, while the 'DE' and 'VUE' blocks are more upright. They are set against a light, textured background.

**POINT**

**DE**

**VUE**

Pierre Loyez

## Faut-il égaliser ?

**C**

*ette question est assurément polémique, voire passionnelle.*

*Certains audiophiles voient dans l'égalisation un remède incontournable pour accéder à un concept de fidélité globale.*

*D'autres veulent voir dans le maillon supplémentaire qu'est l'égaliseur, une source de perturbations indigne d'une chaîne de grande renommée.*

*S'agissant de prendre en compte les caractéristiques acoustiques d'un local échappant généralement à toute spécification, la réponse ne peut être simple.*

*Faut-il pour autant rejeter un procédé qui a fait ses preuves dans le monde professionnel de la sonorisation et les télécommunications ?*

### Etat des lieux

E. de Lamare (1) s'exprimait ainsi aux Journées d'Etudes du Festival International du Son de 1972 : « Il y a, parmi les trop nombreux facteurs d'infidélité, une hiérarchie à respecter et la distorsion linéaire de la réponse amplitude/fréquence (voir encadré n° 1) — qu'elle provienne de la courbe de réponse ou de la directivité — me paraît occuper le sommet de cette hiérarchie. Or, je pense qu'elle constitue un problème insuffisamment résolu à l'heure actuelle, même dans les meilleures réalisations. A le

négliger au profit de problèmes secondaires, on risque, dans cette recherche d'une plus haute fidélité, de perdre beaucoup son temps... »

Cette assertion n'a pas vieilli. Si les progrès de la technologie des amplificateurs et des sources de modulation ont amené les irrégularités de la réponse de ces maillons à une valeur tout juste mesurable — en tout cas bien en-deçà des limites fixées par les normes Hi-Fi — il n'en est rien des enceintes acoustiques et du local d'écoute, dont globalement on ne peut pas dire grand chose tant qu'on ne s'est pas livré à un

minimum d'analyse spectrale.

Il suffit de considérer les résultats consignés sur la figure 1 pour se convaincre d'une première évidence :

*Un équilibre simplement tonal (2) n'est aucunement garanti par le choix de l'enceinte acoustique, mais peut être déjà amélioré par un correcteur de tonalité classique.* En dépit du son apporté à la

(1) Laboratoire d'Electroacoustique de l'ORTF.

(2) Le terme « tonal » est préféré à « spectral » chaque fois que la bande de fréquence concernée par des variations d'amplitude supérieures à 3 dB excède 1 octave.

La distorsion linéaire d'amplitude/fréquence s'exprime généralement sous la forme d'une courbe indiquant les écarts de niveau en fonction de la fréquence, par rapport à un niveau de référence choisi à 1 000 Hz.

On considère qu'au centre du champ d'audition (au voisinage de 2 500 Hz  $\pm$  500 Hz), le quantum correspondant à la plus grande sensibilité différentielle approche 0,2 dB.

Par ailleurs, on constate :

- L'affaiblissement des graves diminue l'énergie et le naturel.
- L'affaiblissement des aigus diminue l'intelligibilité et la rigueur des attaques, tout en donnant une impression de confusion.
- Le renforcement du médium-grave (autour de 1 500 Hz favorise le nasille-ment.
- Le renforcement du médium-aigu (autour de 3 000 Hz) donne de l'éclat (effet de présence).
- L'équilibre tonal tient au respect du produit  $F_m \times F_M$  voisin de 500 000 à 600 000 ( $F_m$  et  $F_M$  désignent respectivement les fréquences minimale et maximale transmises).

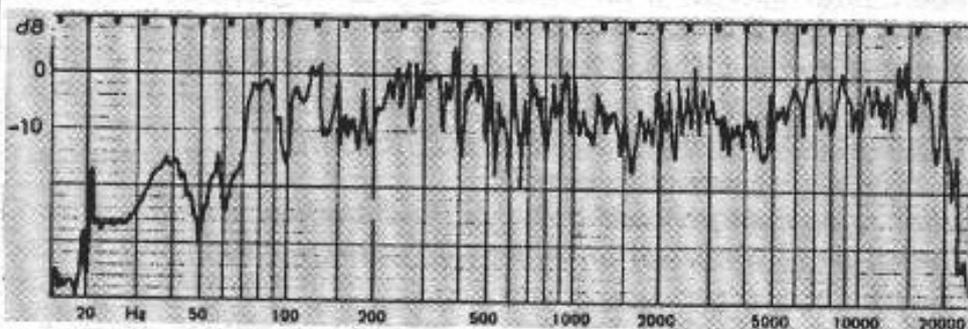
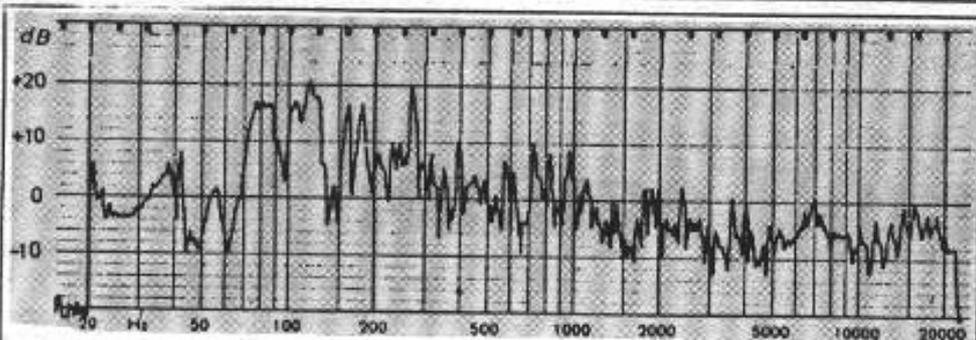


Fig. 1 : Exemple d'égalisation réussie simplement au moyen d'un correcteur de tonalité classique.

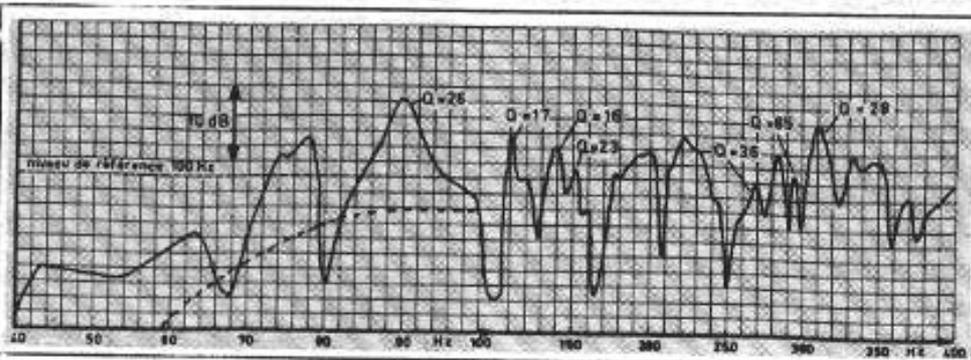


Fig. 2 : Réponse acoustique dans un local de 60 m<sup>3</sup> traité en salle de séjour. En tirets : la réponse en chambre anéchoïque, Q désigne l'acuité (ou la surtension) de chaque résonance isolée.

réalisation, celui-ci se révèle incapable de corriger les accidents sélectifs, comme le montre la figure 2.

Et pourtant, des variations d'amplitude intéressant plus d'une octave sont à l'origine d'une véritable dénaturation des sons (apparition de toniques ou de nasillements).

Finalement, on note que si la technologie récente — et plus particulièrement la technique numérique du laser — a supprimé, tant à la production qu'à la restitution, les principaux défauts (bruits, distorsion linéaire d'amplitude et de phase, diaphonie, distorsion non linéaire, pleurage, scintillement, effets d'usure, etc.), les défauts de la restitution finale sont restés :

- défauts d'isolation phonique (ça peut masquer complètement la dynamique),
- réverbération excessive (nuisible à l'intelligibilité et à la perception stéréophonique).
- déséquilibre tonal ou spectral (malgré une recherche dans la disposition des enceintes acoustiques).

Les deux premiers défauts cités évoquent des traitements acoustiques échappant à notre propos et relevant des techniques du bâtiment.

Avec les dynamiques autorisées aujourd'hui, vérifier l'isolement acoustique ou simplement la quiétude du lieu d'écoute est certainement un préalable à toute installation sérieuse ; en recherchant d'abord un relatif éloignement des sources de bruit (téléphone, jeux d'enfants, activité électroménagère...).

Concernant la réverbération, on sait depuis longtemps qu'un excès nuit à l'intelligibilité ; mais dans le cas de l'écoute stéréophonique, c'est bien évidemment la disparition de l'effet de repérage spatial qui est à craindre dans un local aux parois non traitées.

La discrimination spatiale évoquée ici est celle qu'a voulu

La distance critique ( $D_c$ ) d'une écoute en local réverbérant représente la distance enceinte acoustique/auditeur à partir de laquelle on entre en champ réverbéré.

Cette distance dépend de la directivité ( $Q$ ) des enceintes acoustiques et de l'amortissement du local ( $R$ ), avec :

$$D_c = 0,14\sqrt{QR}$$

$$\text{obtenue d'après } L_P = L_W + 10 \log \left| \frac{Q}{4\pi R^2} + \frac{4}{R} \right|$$

$$R = \frac{Sx}{1-x}$$

où  $S$  représente la surface des parois ;  $r$  = distance d'écoute ;  $x$  est le coefficient d'absorption moyen des parois (en réalité  $x$  varie avec la fréquence) ;  $Q$  est le rapport de l'intensité acoustique en un point, à l'intensité acoustique qui serait fournie par une source non directionnelle de même puissance.

« imprimer » le preneur de son, et non celle que veut s'imposer mentalement l'audiophile.

La perception spatiale étant liée à la distance critique, laquelle dépend de la directivité des enceintes acoustiques et de l'amortissement des parois (voir encadré n° 2), on retiendra que c'est la réponse en puissance des enceintes acoustiques qui compte, et non la réponse dans l'axe en chambre anéchoïque (dite chambre sourde). Nous y reviendrons.

Le déséquilibre tonal (ou spectral) nous ramène à l'égalisation telle que la conçoivent les sonoriseurs et les concepteurs de systèmes de télécommunications. Il est en effet impossible de pré-

voir, au stade de l'acquisition d'un équipement de restitution, les véritables performances « in situ », sauf à disposer par avance de résultats de simulation.

En effet, le terme  $Q$  (facteur de directivité) varie avec la taille des haut-parleurs et le nombre de voies de l'enceinte acoustique — la dimension et la forme jouent également. Dans la plupart des situations rencontrées (il s'agit de salles de séjour), les termes  $Q$  et  $R$  (voir encadré n° 2) augmentent avec la fréquence, de sorte que le terme correctif  $10 \log \left| \frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right|$  est essentiellement constant. On en déduit naturellement que les courbes de

pression relevées dans l'axe et les courbes de puissance ont sensiblement même allure.

En tout cas, la réponse en salle au niveau de l'auditeur a peu de raisons de ressembler à une réponse idéalisée fournie par certains publicitaires.

## Qui égalise ?

Les sonoriseurs sont concernés au premier chef par le déséquilibre spectral, en raison même de l'effet Larsen (voir encadré n° 3) qui se manifeste à des fréquences discrètes.

L'expérience a montré qu'une augmentation notable du gain acoustique et un élargissement de la bande amplifiée ne pouvaient être obtenus que par une correction sélective permettant d'obtenir une réponse plate en champ réverbéré. Tous les spécialistes de sonorisation en grande salle (églises, palais des sports, etc.) en sont conscients, l'amélioration étant généralement supérieure de 10 à 15 dB sur le gain acoustique de l'installation.

De même, en télécommunications, des progrès décisifs ont été faits dans le domaine de la téléinformatique, en munissant les modems (3) d'égaliseurs automatiques capables de linéariser le canal emprunté par le signal, pour en garantir un taux d'erreur réduit.

Bien avant la télématique, les équipements de transmission à longue distance ont été munis de dispositifs de correction d'amplitude et de phase, à commencer par les voies radio et TV, là où la présence de filtres et de modulateurs non linéaires en fréquence imposait des précorrections systématiques.

Jusqu'à l'industrie automobile qui s'ingénie désormais, à corri-

(3) Un modem est un convertisseur de signaux rendant la modulation compatible avec le support utilisé (ligne téléphonique, canal hertzien, voie satellite, etc.).

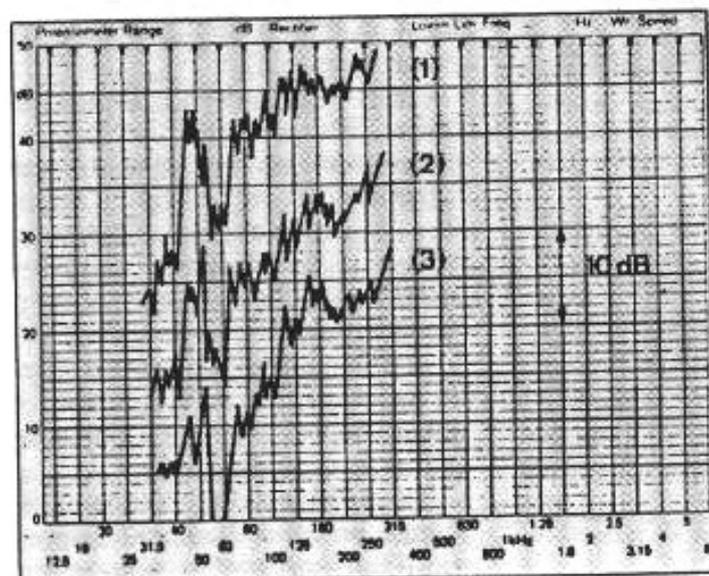


Fig. 3 : Réponse en basse fréquence de trois enceintes acoustiques placées au même endroit dans la même salle. Signal : bruit rose (d'après P. Chapelle).

L'effet Larsen ou phénomène de réaction acoustique est un obstacle majeur à une sonorisation Hi-Fi.

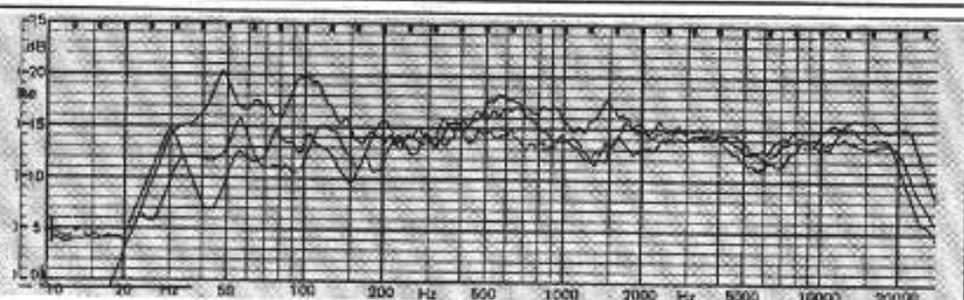
On peut à partir de la théorie des réseaux linéaires actifs se faire une juste idée des limitations imposées à un système de sonorisation.

La salle étant considérée comme un réseau actif, inséré dans une boucle de réaction, on peut prévoir que, pour toutes fréquences où le gain de boucle est supérieur ou égal à 1, avec un déphasage total multiple de  $360^\circ$ , des oscillations peuvent spontanément naître, engendrant des timbres « caverneux », avec baisse considérable de l'intelligibilité. En outre, des oscillations permanentes peuvent saturer certains éléments, voire endommager les transducteurs les plus fragiles, tweeters et microphones par exemple.

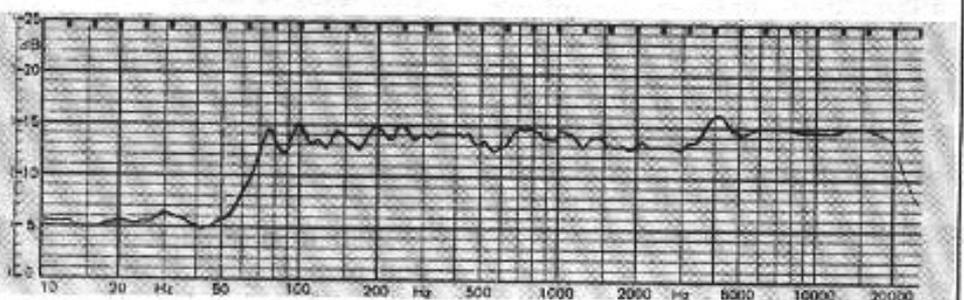
Un moyen commode pour clarifier cette situation est de mesurer le gain acoustique de l'installation, en évaluant la différence de niveau de pression sonore obtenue avec et sans amplification électrique. Il est rare de dépasser 5 à 10 dB, si l'on s'en tient à la limite d'accrochage, lorsque l'amplification est utilisée. Un autre procédé d'investigation consiste à tracer la caractéristique de transfert de la pression acoustique en fonction du gain électrique.

*Une augmentation notable du gain acoustique ne peut être obtenue que par une correction sélective permettant d'obtenir une réponse plate en champ réverbéré.*

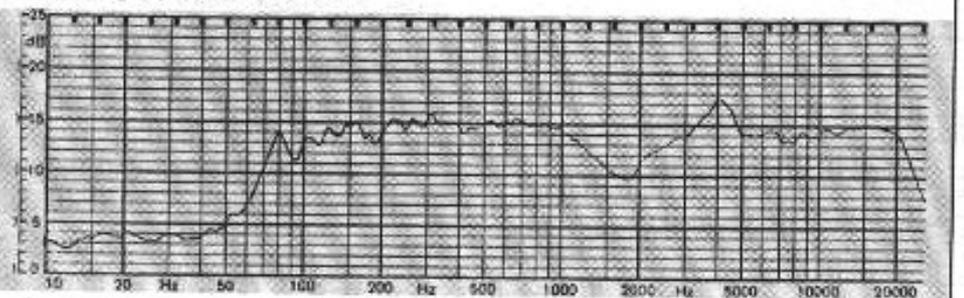
Tous les spécialistes de sonorisation en grande salle en sont conscients, l'amélioration est de 10 à 15 dB sur le gain acoustique de l'installation.



a) Fluctuations constatées pour une installation fixe en fonction de la position du micro (volume de salle :  $70 \text{ m}^3$ ) – distance du micro entre 1 et 2 m.



b) Réponse d'une enceinte acoustique de  $10 \text{ dm}^3$  à 1 m de distance (local de  $70 \text{ m}^3$ ) et surélevée de 70 cm au-dessus du sol à 1 m des parois – micros à 1 m – une préégalisation a été effectuée avec le correcteur de tonalité classique (grave au maximum).



c) Comme ci-dessus, mais enceinte au sol.

Fig. 4 : Influence de la position relative enceinte-micro.

ger automatiquement le spectre de l'impulsion d'allumage en fonction des conditions réelles de fonctionnement d'un moteur à injection.

Reste le monde de l'audiophile qui a plutôt boudé jusqu'ici cette technique, trouvant là matière à trahison, probablement au nom d'un purisme dicté par le marché. Et pourtant, quelques figures sont là pour nous rappeler les dégâts d'une croyance sourde...

## Quelques raisons d'agir

La figure 3 nous rappelle qu'aux basses fréquences, la salle — il s'agit toujours d'un volume typiquement inférieur à  $100 \text{ m}^3$  — impose sa loi d'amplitude/fréquence.

De même, pour un modèle d'enceinte bien corrigée, la réponse varie énormément d'une position à l'autre (figure 4), l'effet de distance jouant en partie haute du spectre (figure 5).

Par ailleurs, la réverbération et un facteur de directivité variant avec la fréquence se conjuguent pour rendre aléatoire toute prévision dans le médium-aigu au moment de l'achat.

La situation est d'autant plus complexe que la directivité d'une enceinte acoustique dépend du diamètre des haut-parleurs et du nombre de canaux (ou voies) — ainsi un modèle à trois voies montre un comportement différent de celui d'un modèle à deux voies (figure 6).

Sans égalisation, lorsqu'on passe d'un modèle à l'autre, pour un même local et une même position d'écoute, il faut s'attendre à une tonalité différente, même si les réponses mesurées dans l'axe à courte distance sont comparables.

L'absorption des parois elle-même varie avec la fréquence, ce qui complique toute action sur le terme R (voir figure 7).

Le mieux est donc l'ennemi du bien : un amortissement important jugé nécessaire pour com-

L'effet Larsen ou phénomène de réaction acoustique est un obstacle majeur à une sonorisation Hi-Fi.

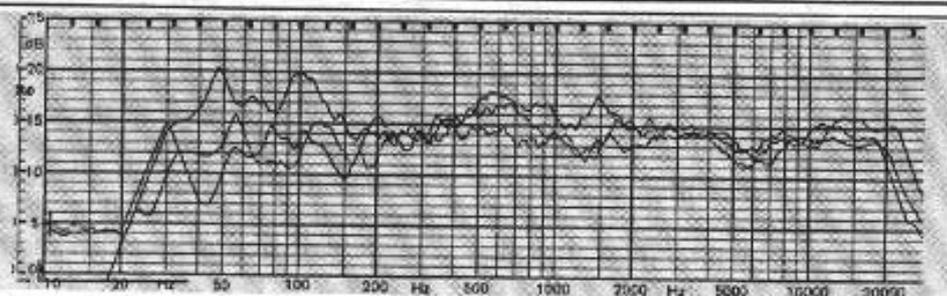
On peut à partir de la théorie des réseaux linéaires actifs se faire une juste idée des limitations imposées à un système de sonorisation.

La salle étant considérée comme un réseau actif, inséré dans une boucle de réaction, on peut prévoir que, pour toutes fréquences où le gain de boucle est supérieur ou égal à 1, avec un déphasage total multiple de  $360^\circ$ , des oscillations peuvent spontanément naître, engendrant des timbres « cavernes », avec baisse considérable de l'intelligibilité. En outre, des oscillations permanentes peuvent saturer certains éléments, voire endommager les transducteurs les plus fragiles, tweeters et microphones par exemple.

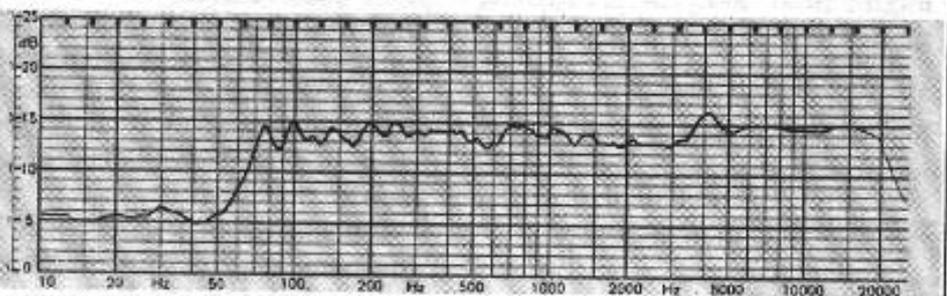
Un moyen commode pour clarifier cette situation est de mesurer le gain acoustique de l'installation, en évaluant la différence de niveau de pression sonore obtenue avec et sans amplification électrique. Il est rare de dépasser 5 à 10 dB, si l'on s'en tient à la limite d'accrochage, lorsque l'amplification est utilisée. Un autre procédé d'investigation consiste à tracer la caractéristique de transfert de la pression acoustique en fonction du gain électrique.

*Une augmentation notable du gain acoustique ne peut être obtenue que par une correction sélective permettant d'obtenir une réponse plate en champ réverbéré.*

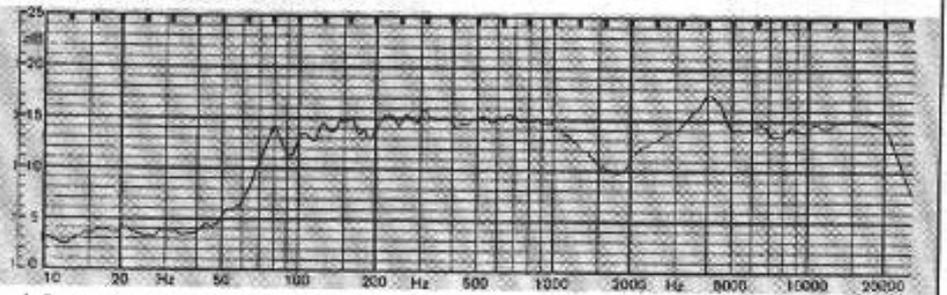
Tous les spécialistes de sonorisation en grande salle en sont conscients, l'amélioration est de 10 à 15 dB sur le gain acoustique de l'installation.



a) Fluctuations constatées pour une installation fixe en fonction de la position du micro (volume de salle :  $70 \text{ m}^3$ ) - distance du micro entre 1 et 2 m.



b) Réponse d'une enceinte acoustique de  $10 \text{ dm}^3$  à 1 m de distance (local de  $70 \text{ m}^3$ ) et surélevée de 70 cm au-dessus du sol à 1 m des parois - micros à 1 m - une préégalisation a été effectuée avec le correcteur de tonalité classique (grave au maximum).



c) Comme ci-dessus, mais enceinte au sol.

Fig. 4 : Influence de la position relative enceinte-micro.

ger automatiquement le spectre de l'impulsion d'allumage en fonction des conditions réelles de fonctionnement d'un moteur à injection.

Reste le monde de l'audiophile qui a plutôt boudé jusqu'ici cette technique, trouvant là matière à trahison, probablement au nom d'un purisme dicté par le marché. Et pourtant, quelques figures sont là pour nous rappeler les dégâts d'une croyance sourde...

## Quelques raisons d'agir

La figure 3 nous rappelle qu'aux basses fréquences, la salle — il s'agit toujours d'un volume typiquement inférieur à  $100 \text{ m}^3$  — impose sa loi d'amplitude/fréquence.

De même, pour un modèle d'enceinte bien corrigée, la réponse varie énormément d'une position à l'autre (figure 4), l'effet de distance jouant en partie haute du spectre (figure 5).

Par ailleurs, la réverbération et un facteur de directivité variant avec la fréquence se conjuguent pour rendre aléatoire toute prévision dans le médium-aigu au moment de l'achat.

La situation est d'autant plus complexe que la directivité d'une enceinte acoustique dépend du diamètre des haut-parleurs et du nombre de canaux (ou voies) — ainsi un modèle à trois voies montre un comportement différent de celui d'un modèle à deux voies (figure 6).

Sans égalisation, lorsqu'on passe d'un modèle à l'autre, pour un même local et une même position d'écoute, il faut s'attendre à une tonalité différente, même si les réponses mesurées dans l'axe à courte distance sont comparables.

L'absorption des parois elle-même varie avec la fréquence, ce qui complique toute action sur le terme R (voir figure 7).

Le mieux est donc l'ennemi du bien : un amortissement important jugé nécessaire pour com-

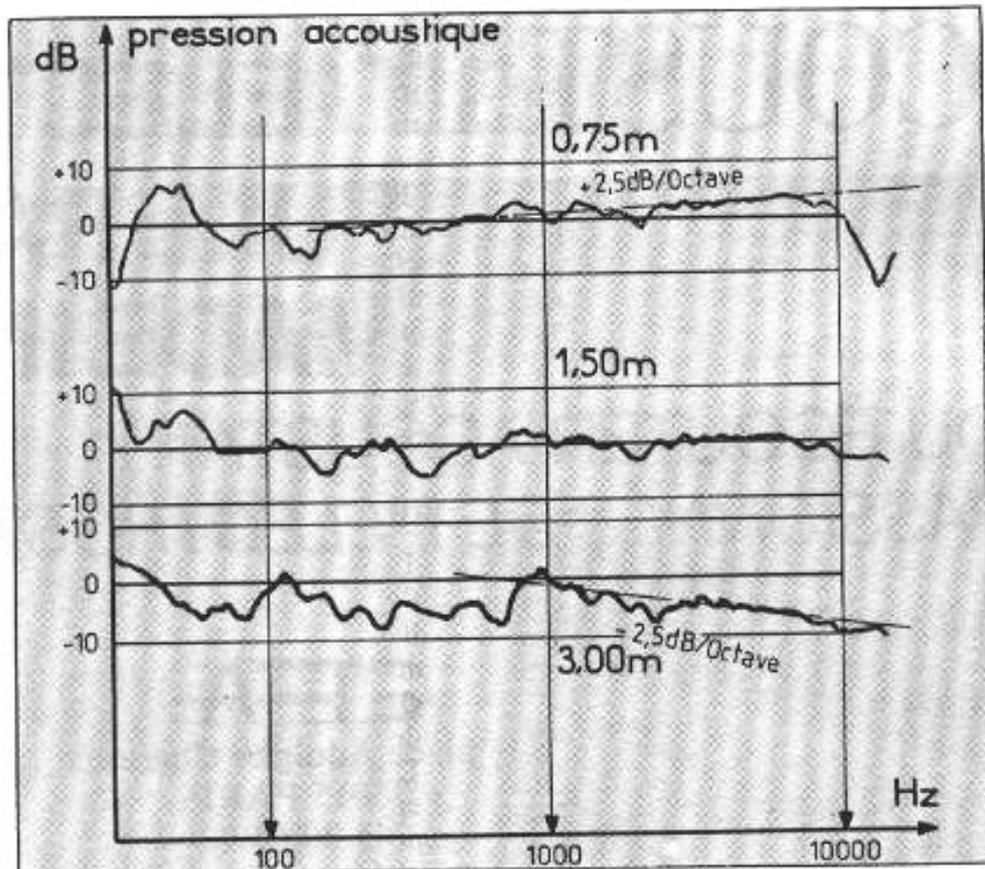
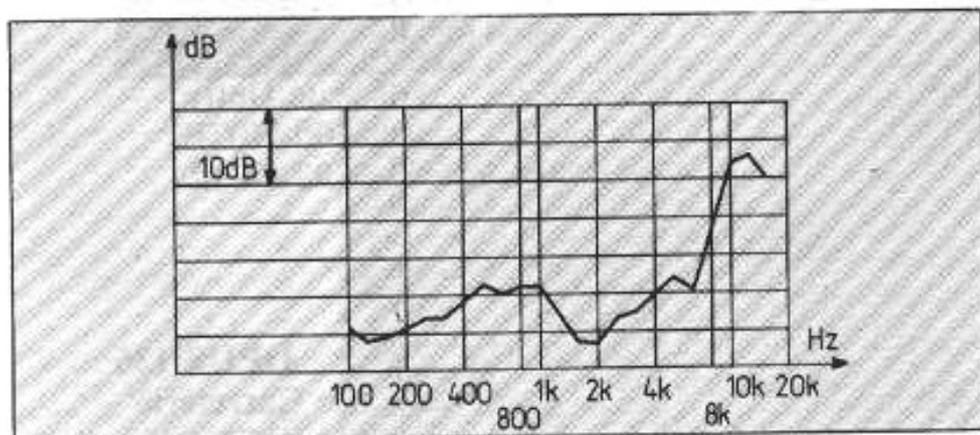
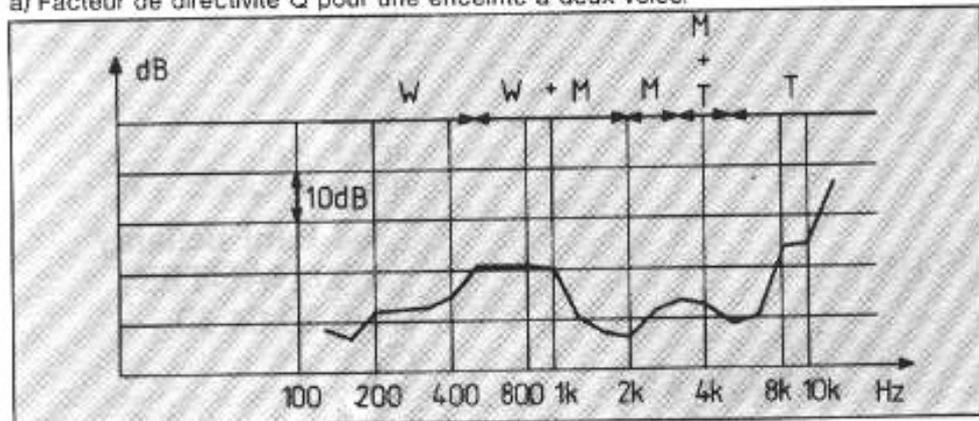


Fig. 5 : Influence de la distance microphone-haut-parleur sur la réponse en fréquence (les conditions expérimentales sont celles de la figure 4).



a) Facteur de directivité Q pour une enceinte à deux voies.



b) Facteur de directivité Q en fonction de la fréquence pour une enceinte à trois voies.  
 Fig. 6 : Influence du nombre de voies d'une enceinte acoustique sur la directivité. Sur la fig. 6b) on décèle bien les zones de fonctionnement des haut-parleurs W = woofer, M = médium, T = tweeter (d'après Pierre Chapelle, Conférence du GALF, mars 1963).

battre la réverbération (tentures, moquettes, rideaux, etc.) donnera, sans égalisation, une écoute assourdie, sauf à disposer d'enceintes très directives (c'était la vertu des conques avec réflecteur concave), car au-delà de la distance critique, on ne récupère que les sons renvoyés par les parois.

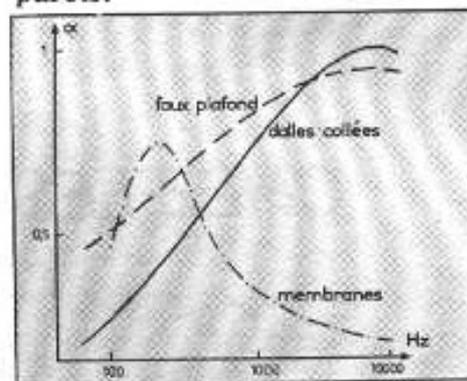


Fig. 7 : Absorption acoustique de matériaux de correction acoustique  $\alpha = 1$  correspond à une absorption totale

En revanche, un local peu traité et des enceintes peu directives (cas de certaines réalisations multi-haut-parleurs exploitant les réflexions sur les murs) tendront à linéariser la réponse, mais au détriment des transitoires (la phase devient aléatoire) et de la perception fidèle de l'environnement de la prise de son (la réverbération du lieu d'écoute masquant complètement celle qu'a réglé le preneur de son).

Tout ceci corrobore l'assertion selon laquelle, dans les salles de séjour habituelles, la réponse amplitude/fréquence ressemble à la réponse en puissance des enceintes acoustiques, le terme correctif déjà évoqué étant quasiment constant, comme le montre la figure 8. Or cette réponse en puissance révèle toujours une grande atténuation dans l'aigu par rapport à la réponse dans l'axe (figure 9) ; d'où un motif de grande défiance vis-à-vis des caractéristiques affichées pour les tweeters, et dans un degré moindre pour les haut-parleurs médiums.

Nous verrons, dans le prochain numéro comment agir...