

N°4 NOUVELLE SÉRIE 12^e ANNÉE

L'AUDIOPHILE

HAUTE FIDÉLITÉ PLUS!

PANORAMA DE 50 ENCEINTES ACOUSTIQUES



EN HOMMAGE
A
JOSEPH LEON

Réalisation
personnelle
UN MICROPHONE
A ELECTRET
DE TOP NIVEAU



N 2589 - 4 - 55,00 F

3792569055009 000240

RAGGERS
Electro-Voice
Patrician 800

ACOUSTIQUE:

L'incidence
du local d'écoute

QUOI DE NEUF ?

Disques audio-vidéo:
les standards

THEORIE:

La contre-réaction:
encore des limitations!

POINT DE VUE

"Le compact est-il aussi
musical
que le disque noir?"

LES MUSES D'OR



Le DAT : Nakamichi 1000

**Page non
disponible**

HOMMAGE A JOSEPH LÉON

1908-1987

La deuxième moitié de notre siècle
a vu la naissance et le développement
de ce que nous appelons aujourd'hui Haute-Fidélité.

*Bien des hommes de par le monde
ont consacré leur vie
avec l'enthousiasme du chercheur ou de l'artiste
à la reproduction sonore,
que ce soit dans les applications électroniques
ou acoustiques,
ces deux maillons inséparables de la « chaîne ».*

*Si, pour l'électronique,
ils se sont ingéniés à domestiquer les voies
largement ouvertes des progrès (vertigineux), pour l'acoustique
il leur fallait suivre un chemin plus isolé
entre rigueur et subjectivité.*

*Là peut-être, un peu plus que de la connaissance et du métier
il fallut (il faut) du talent.*

*Parmi les grands noms (déjà légendaires),
BRIGGS, VOIGT, LANSING, WALKER, GOGNY, CHARLIN,
KLEIN, CABASSE, KLIPSCH, COOKE....
celui de JOSEPH LEON
occupe une grande place.
Nous lui devons cet hommage.*



Il y a 17 ans, j'avais forcé la discrétion de notre ami Joseph Léon pour faire un reportage qui se voulait assez complet sur l'homme et son œuvre. Je me suis référé abondamment à cet article paru dans le numéro de mars 72 de la Revue du Son et à d'autres encore plus antérieurs, telle cette étude de J. Bernardt de janvier 1954 (voir bibliographie en fin d'article).

Il y aura donc bientôt 40 ans que Joseph Léon mettait en valeur la concentration focale du son dans l'espace et créait sa première enceinte acoustique dénommée « Conque Elipson ». Cette conque était destinée à la sonorisation des premiers spectacles son et lumière en France et à l'étranger (Chambord, Versailles, Greenwich, Rome, etc.).

La notion du fameux effet de présence s'imposait en se démontrant... Je citerai ces quelques lignes de Pierre Loyez (écrites en 1972) qui concluait d'ailleurs ce même reportage par ces réflexions, toujours valables, sur cette science de la restitution sonore, qui continue de passionner les chercheurs et les constructeurs d'enceintes acoustiques. « Ainsi se trouvent réunis deux aspects opposés d'une même science : faire du (beau) bruit qu'on nomme souvent musique et du silence — l'un étant le complément indispensable de l'autre. »

Joseph Léon nous a quitté le 15 mars 1987 (le jour où le Festival du Son fermait ses portes...). Je l'avais rencontré l'année précédente visitant presque incognito le même Festival du Son. Nous avions bavardé longuement sur cette profession qu'il aimait et qui avait été toute sa vie. Nous nous étions promis de nous revoir mais...

Avant d'aborder les innovations professionnelle de l'homme des Conques, il est nécessaire de brièvement rapporter sa biographie, les étapes de sa vie riche en talent et en caractère.

Joseph Léon est né à Bordeaux le 8 novembre 1908. Le père, Alfred Léon, était ingénieur des arts et manufactures et dut être un exemple que suivit le fils qui, après des études secondaires, optait pour la formation arts et métiers. C'est en 1930 qu'il entra à la Compagnie Radio Cinéma du groupe CSF en qualité d'ingénieur pour le montage et la mise au point du matériel sonore des salles de cinéma.

Il se mariait, à la veille de la guerre, en avril 1939 avec Marie-Généviève Berruyer, qui était professeur de musique. Ainsi se trouvaient réunies technique et musique. Beau symbole n'est-ce pas ?

Passionné de son, il l'était. N'avait-il pas mis au point, dans les années 30, avec son frère Jean Léon (artiste peintre), le premier groupe enregistreur, le monobloc VV3 ? Cet appareil était la reproduction portable d'une station professionnelle d'enregistrement et était, comme le disait la notice, « le moyen pour l'enregistrement sur disque à la portée de tous.

... Sa sensibilité et sa fidélité le désignent pour l'enregistrement du son le plus complet qui soit : VOTRE VOIX ».

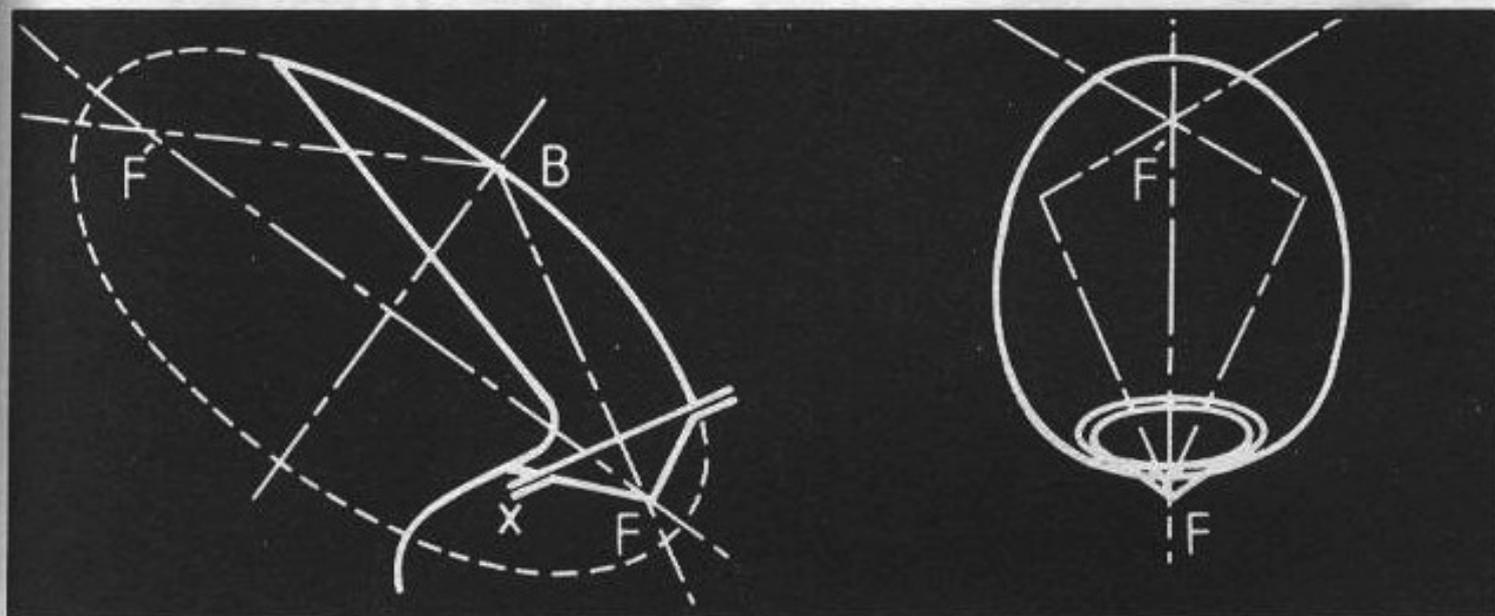
Mais le 2 septembre 1939, le sergent Léon rejoignait le 38^e Génie... Prisonnier le 23 juin 40 dans les Vosges, il était déporté en Silésie et devait être rapatrié très malade puis démobilisé en mars 1942. C'est sous le nom de Jo qu'il entra dans la Résistance où il organisait les parachutages au profit des maquis du Lot où il créa les transmissions. Il sera affecté à l'état-major des transmissions en 1945 après son engagement pour la durée de la guerre. Le lieutenant Joseph Léon recevra la croix de guerre avec étoile de bronze en 1945 avec cette citation : « Ancien prisonnier entré dans la Résistance qu'il sert avec toute son énergie, chef d'un groupe franc de premier ordre, a pris une part très importante aux opérations qui aboutirent à la Libération de Toulouse. » Il sera démobilisé début 1946. Après sa démobilisation, Joseph Léon entre à la Société Multimoteur, il en sera nommé directeur général en 1948. Cette société changera de raison sociale et deviendra Elipson qui, très vite, imposera ses « conques » et ses « boules » mises au point en collaboration étroite avec les services techniques de l'ORTF. Qui ne se souvient d'ailleurs des reproducteurs spéciaux qui étaient alors en service dans les studios et que le petit écran nous avait rendus familiers.

Joseph Léon fut un conseiller technique recherché et écouté. Il collabora par exemple avec les ingénieurs Marcel Dassault en vue de la réduction du bruit des réacteurs modernes.

Enfin, le 25 mars 1962, l'Etat le nommait au grade de chevalier de l'Ordre du Mérite pour la recherche et l'invention.

Avant d'aborder ce que furent ses travaux dans l'acoustique, qu'il me soit permis de dire ici toute l'admiration et l'attachement que je portais personnellement à cet homme dont la finesse, l'intelligence séduisaient. Je remercie son fils Pierre-Etienne Léon qui me permit certaines précisions biographiques.

Bref historique d'une innovation dans l'acoustique



Dans les années 50-60, un visiteur de l'atelier de Vitry non averti pouvait croire visiter l'atelier d'un sculpteur moderne. Dans une poussière blanche et sous les verrières du classique atelier d'artiste, s'affairaient d'habiles mouleurs sous la direction de M. Nicolas, venu de Toscane spécialement. Bien sûr, tout était artisanal. Un moule ne permettait que 150 exemplaires et une cinquantaine d'enceintes seulement sortait chaque jour de l'atelier. Parfois, des modèles aux dimensions imposantes, — pièces

uniques — mobilisaient la majeure partie de l'équipe. J'avais, il me souvient, remarqué un moule de plus de 4 mètres de long n'ayant, m'avait-on précisé, servi qu'une seule fois ! Au fond de l'atelier, une montagne de prototypes abandonnés aux formes d'amphore antique, d'oreille de lapin, d'œuf et de sphère, autant d'objets dont la destinée devait être de porter le son mais qui gisaient là, beaux, inutiles, poétiquement blancs.

Bien sûr tout près, un laboratoire électronique nous fixait sur l'excellente clientèle que représentait Joseph Léon pour Brüel et Kjær...

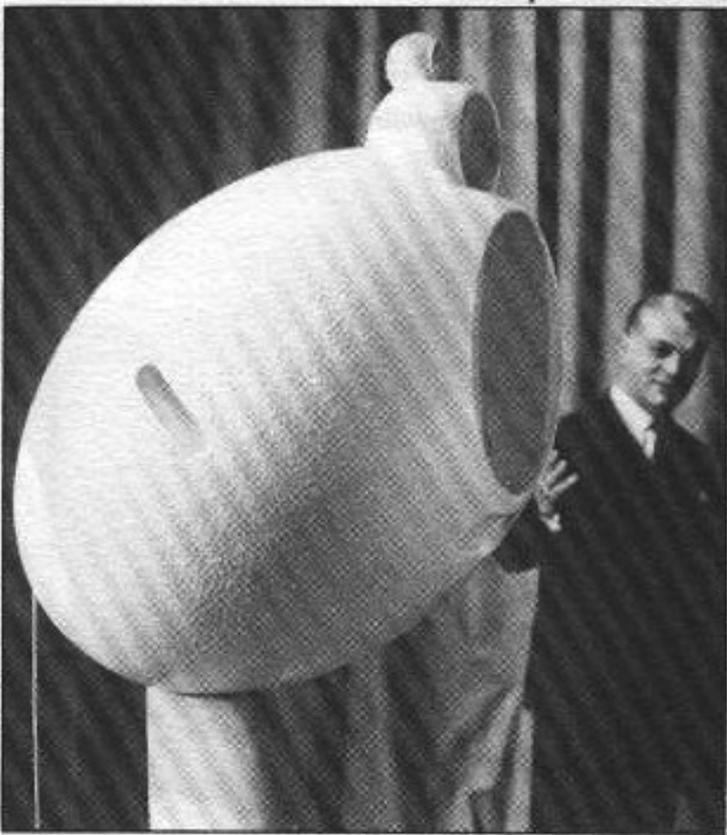
Dès les débuts de la

haute-fidélité, il s'avérait que le haut-parleur constituait le point faible de la chaîne.

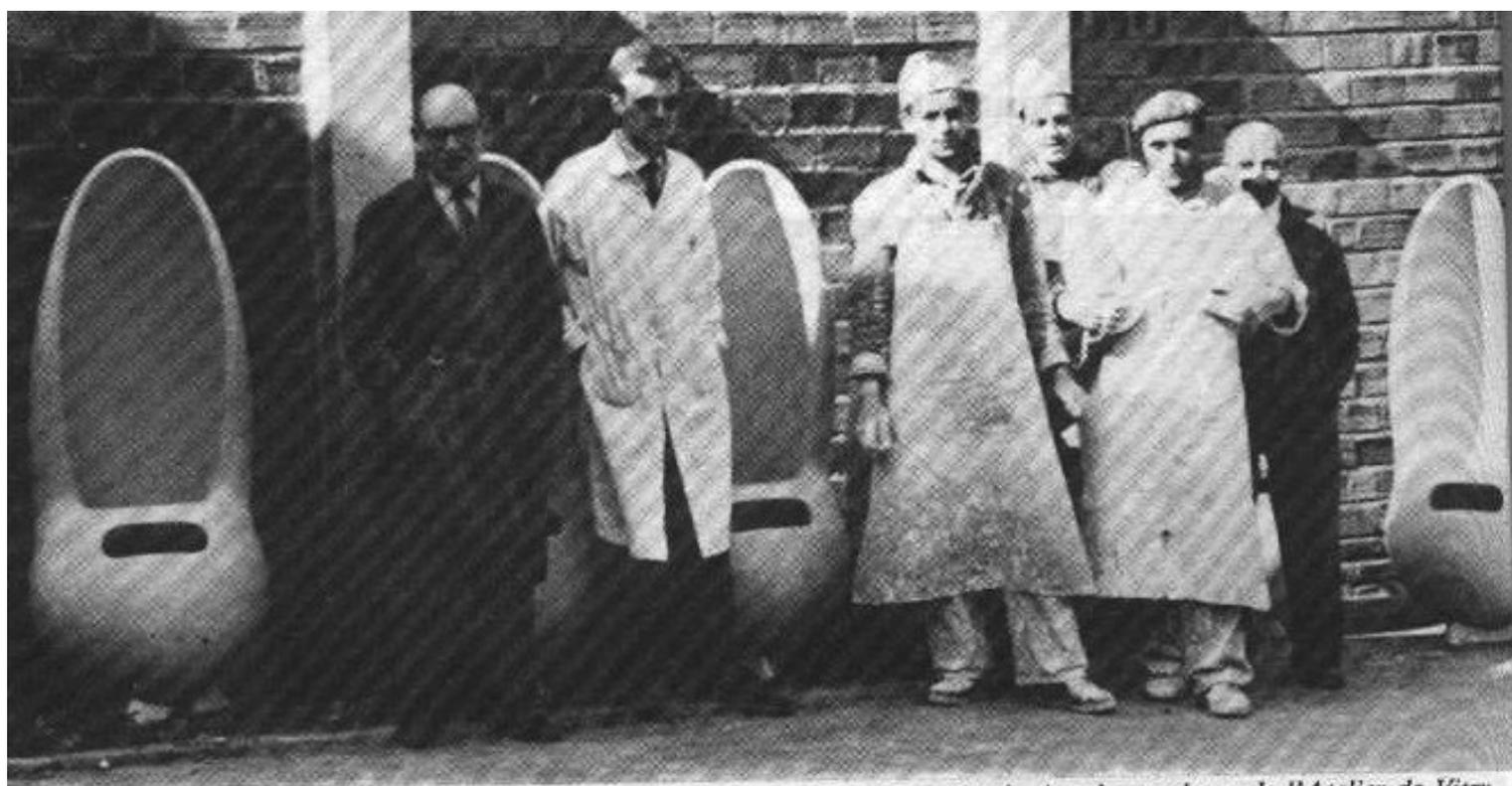
Des recherches très importantes avaient déjà été menées en vue d'étendre la bande passante et d'améliorer la réponse transitoire. Il était désormais possible de mesurer la qualité de ces dernières ainsi que les taux d'intermodulation, mais le grand problème restait celui de la diffusion spatiale afin d'éviter l'impression désagréable de la source ponctuelle. On avait constaté que l'oreille

était plus sensible dans le domaine du repérage directionnel que dans celui de la variation du niveau sonore (une oreille moyenne est sensible à la variation du niveau sonore de 1,5 à 2 dB, mais 0,5 dB suffisent pour donner l'impression d'un déplacement angulaire de la source sonore). C'est donc face à ces constatations que Joseph Léon s'ingénia à résoudre les problèmes de l'augmentation et de la diffusion spatiale de l'énergie, surtout aux fréquences élevées et aussi de l'amélioration du rendement.

C'est donc vers la « conque » de forme ellipsoïdale et réflectrice que travailla Joseph Léon. Il eut pour



Marc Boissinot, Commissaire Général du salon, présente la conque Elipson à la presse en 1962.



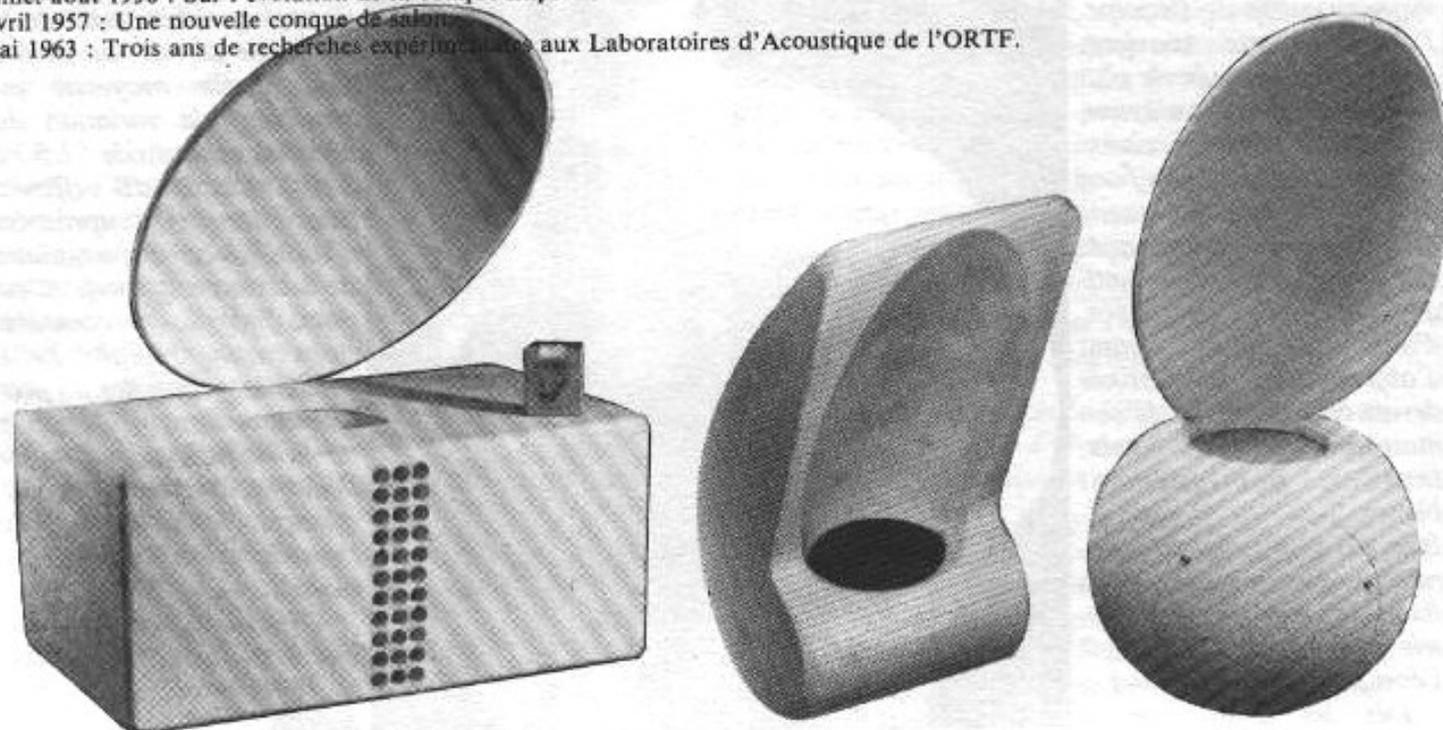
La petite équipe de mouleurs de l'Atelier de Vitry.

Principaux brevets

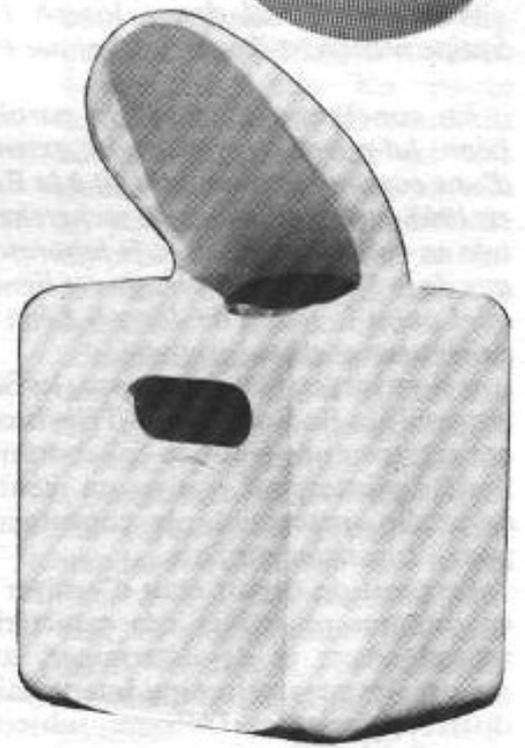
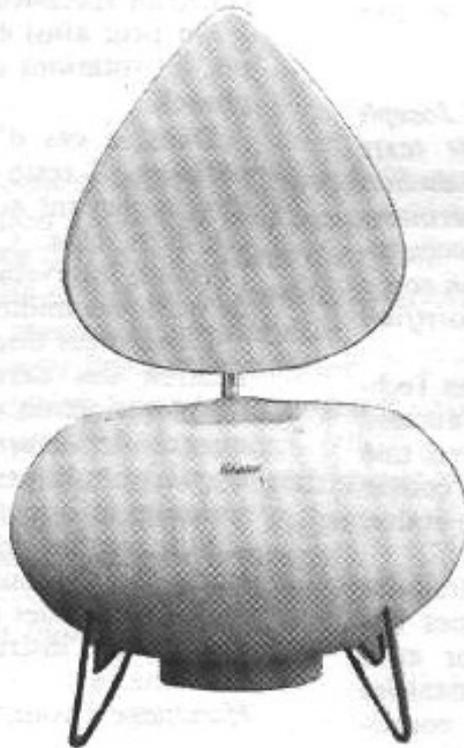
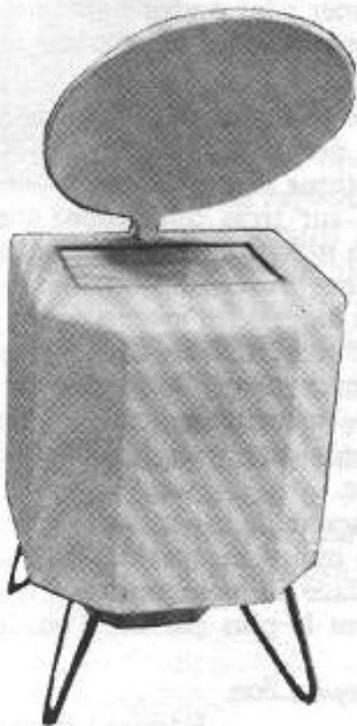
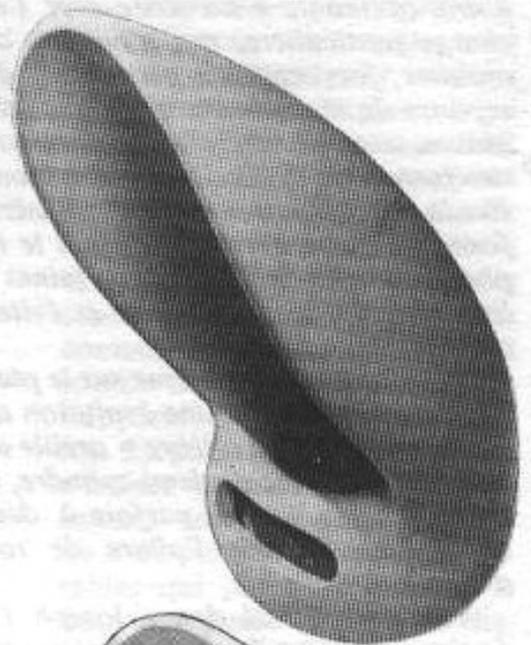
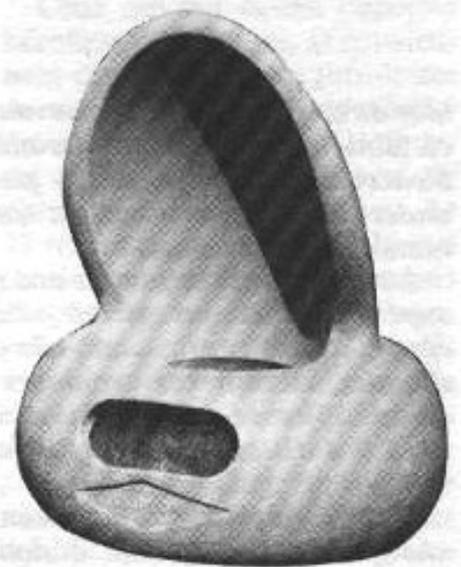
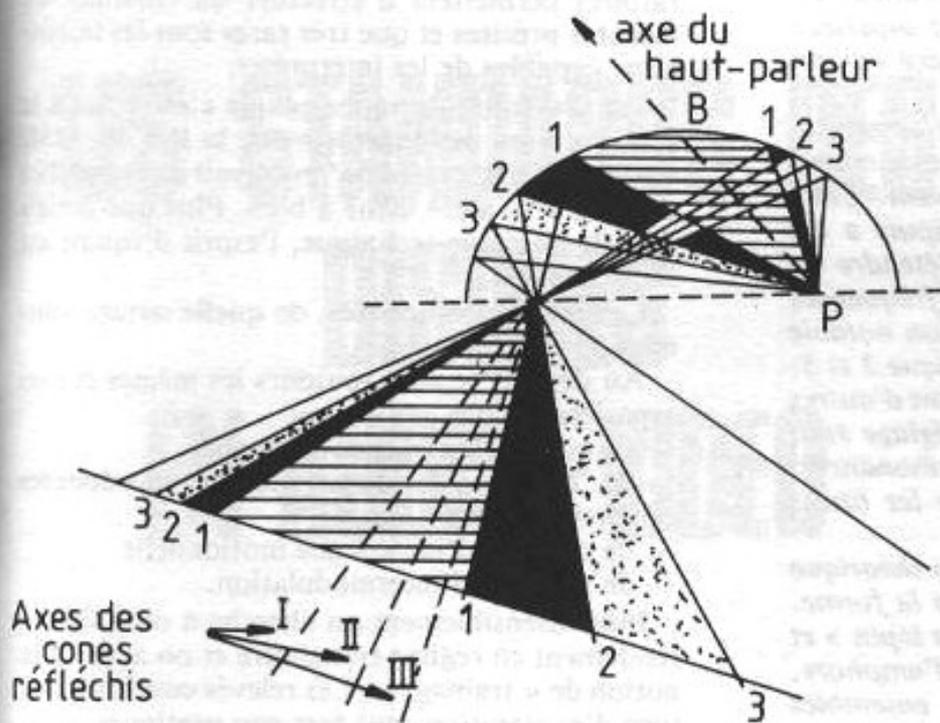
Perfectionnement apporté aux dispositifs émetteurs de son - 31.01.1950 N° 1.012.676. ● Enceinte à résonance compensée pour haut-parleur - 11.12.1953 N° 1.095.563 ● Perfectionnement apporté aux enceintes acoustiques pour haut-parleurs - 18.2.1956 N° 1.142.754 ● Perfectionnement apporté aux dispositifs sonores constitués par un haut-parleur et par une enceinte acoustique à évent - 20.02.1959 N° 1.225.141 ● Perfectionnement apporté aux émetteurs de son comportant une source acoustique et un réflecteur - 07.03.1959 N° 1.227.457 ● Reproducteurs de son - 31.08.1962 N° 1.339.664 ● Procédé et dispositif de sonorisation - 25.02.1964 N° 1.391.125 ● Enceintes acoustiques à type des résonateurs de Helmholtz - 31.01.1966 N° 1.481.086 ● Haut-parleur - 16.08.1966 N° 1.496.185 ● Enceinte acoustique à haute fidélité - 28.09.1968 N° 1.587.761 ● Enceinte acoustique pour haut-parleur - 10.02.1970 N° 7.004.707 ● Faisceau sonore directionnel et concentré. Dispositif Etoile - 21.10.1970 N° 7.037.961

Anciens articles concernant la conque Elipson

- *Onde Electrique*, juillet 1952 (n° 304). «Deux applications de la notion de distorsion spatiale», par J. Bernhart.
- *AUDIO*, octobre 1956. «Son et Lumière - Outdoor Stereo», par Edward Tatnall Canby.
- *Revue du SON*
- Janvier 1954 : Le diffuseur Elipson, un transformateur de rayonnement acoustique, par J. Bernhart.
- Juillet-août 1956 : Sur l'évolution de la conque Elipson.
- Avril 1957 : Une nouvelle conque de salon.
- Mai 1963 : Trois ans de recherches expérimentales aux Laboratoires d'Acoustique de l'ORTF.



Quelques unes des innombrables sculptures sonores...



idée directrice, lors de ses travaux de se servir de certaines caractéristiques des miroirs courbes — bien connues en optique — puisqu'en gros les ondes sonores se comportent comme celles de la lumière (voir schéma).

La « conque » apportait une intelligibilité très supérieure à ce qui existait ailleurs. Elle évitait résonances et confusions ; elle agissait en guide d'ondes. A tous ces avantages s'ajoutaient un certain effet de relief et un rendement supérieur de 3 à 4 dB pour le haut-parleur placé en son sein.

Parallèlement, Joseph Léon développait la charge de haut-parleur à double résonateur « anti-résonante » accordée avec l'évent. Cette charge particulière, qui d'ailleurs depuis a été maintes fois copiée, permettait d'étendre la réponse de manière linéaire dans les fréquences graves, avec de surcroît une diminution notable des formes de distorsion par harmonique 2 et 3. Par la suite, d'autres modèles utilisèrent d'autres formes d'évent avec fentes dont le réglage était plus facile afin de linéariser certaines résonances, lisser la courbe de réponse et éviter les bruits d'écoulement d'air.

L'évolution de la conque sur le plan théorique s'est accompagnée d'une évolution de la forme. Ce furent, outre la célèbre « oreille de lapin » et la boule, la forme de demi-cylindre, d'amphore, de coquillage, allant parfois à des ensembles composites prenant l'allure de robots venus d'ailleurs.

Avec opiniâtreté donc, Joseph Léon et son équipe menèrent de pair technique et art.

En conclusion, laissons la parole à Joseph Léon lui-même reprenant in extenso le texte d'une communication qu'il fit à la Revue du Son en 1963 sur ses trois ans de recherche expérimentale en collaboration avec le laboratoire acoustique de la RTF. Au travers de ces lignes, on voit à quel point le talent de Joseph Léon se fortifiait de rigueur et de subjectivité.

« Il y a un peu plus de trois ans, les Services Techniques de la Radiodiffusion Télévision Française ont entrepris une étude en collaboration avec une Société privée pour réaliser un meuble d'écoute de studio, susceptible de constituer un étalon pour l'Ingénieur du Son.

Le point de départ était d'essayer de traduire en mesures objectives des caractéristiques des reproducteurs et de déterminer, au fur et à mesure, les paramètres qui intervenaient dans les différents relevés. L'écoute subjective constituant l'ultime vérification.

Très vite nous fûmes à même de constater que les performances étaient de la plus haute fantaisie. Quelques industriels ont pourtant compris depuis longtemps que le haut-parleur ne doit pas être un instrument de musique mais seulement un reproducteur fidèle et neutre : ceux-ci sont assez sérieux pour ne dire que ce qu'ils contrôlent. Encore faut-il reconnaître que fort peu de laboratoires permettent d'effectuer un ensemble de mesures précises et que très rares sont les techniciens capables de les interpréter.

Il est nécessaire de rappeler que c'est grâce à la collaboration des Ingénieurs de la R.T.F., MM. Chatenay et Bucchini qu'un travail de recherches dans ce sens a été mené à bien. Plus que jamais dans le domaine technique, l'esprit d'équipe est indispensable.

Ces mesures objectives, de quelle nature sont-elles ?

Au départ, ce sont toujours les mêmes et l'on reparlera encore

- de courbes amplitude-fréquence
- de courbes de directivité en coordonnées polaires
- de courbes d'impédance motionnelle
- de mesures d'intermodulation.

Puis insensiblement on cherche à connaître le rendement en régime transitoire et on arrive à la notion de « traînage ». Les relevés concernant ce type d'exploration sont fort peu pratiqués, puisque le générateur d'impulsions de la R.T.F. a été construit spécialement.

On peut ainsi éliminer : les ondes stationnaires, les rotations de phases et les oppositions de phases.

Dans le cas d'utilisation de plusieurs haut-parleurs, il reste un dernier problème qui est l'accouplement acoustique des différentes sources entre elles. C'est sur trois dimensions que l'on doit intervenir, la précision étant de l'ordre de quelques millimètres (brevet Elipson).

L'ingénieur dispose alors d'un moyen de vérification des derniers paramètres cités : c'est l'exploration en signaux carrés avec une fréquence de récurrence relativement basse. Un signal wobulé peut aussi apporter à l'initié de sérieuses informations.

Si le résultat de chacune de ces mesures a été, sinon parfait, tout au moins acceptable, le technicien peut céder la place au mélomane qui, lui, dispose de l'instrument le plus parfait, l'oreille humaine. »

Hommage à vous, Joseph Léon.

Edouard Pastor

Quoi de neuf?

Jean Hiraga

LES STANDARDS DES DISQUES EN AUDIO-VIDEO

T

outes les inventions relatives à l'enregistrement et à la reproduction du son et de l'image n'ont pu aboutir à une diffusion auprès du public qu'après avoir déjoué les pièges de la standardisation.

La guerre des standards semble être une donnée récente liée aux stratégies des grands groupes industriels pour imposer leurs choix techniques et technologiques.

Pas du tout : dès les débuts de l'enregistrement, bien avant le 78 tours, des luttes d'influence ont présidé aux choix de normes... d'ailleurs pas toujours pour servir la qualité.

Ceux qui ont connu l'époque héroïque des disques, se souviennent certainement des problèmes de standard et d'incompatibilité des supports enregistrés de diverses provenances. La vitesse de rotation bien connue de 78 tr/mn ne s'est généralisée que tardivement et les constructeurs de phonographes devaient souvent prévoir sur leurs appareils un réglage de vitesse compris entre 60 et 80 t/mn. Certains disques tels que les Pathé des années 30 étaient gravés en modulation verticale, ce qui les rendait incompatibles à la lecture avec les autres phonographes. Sur d'autres, l'enregistrement débutait par l'intérieur, comme sur nos compact-disques, ce qui ne les rendait pas compatibles avec les appareils sur lesquels on avait étudié un système d'arrêt automatique. Il fallait ajouter à ces problèmes ceux des différents standards de gravure que l'on connaissait à l'époque des « 78 tours » et qui ont subsisté après l'apparition du disque microsillon. La plupart des constructeurs s'étaient adaptés à la situation faisant suivre l'entrée « pick-up » de plusieurs filtres commutables qui portaient souvent le nom de grands éditeurs de disques : Decca, RCA, Columbia, Telefunken, etc. En photo comme en cinéma, les standards adoptés jusqu'ici ont été très nombreux. On invente, on met au point puis on commercialise un produit nouveau sans se rendre toujours bien compte des évolutions technologiques et commerciales pouvant se produire au cours des vingt prochaines années, sans penser qu'un concurrent pourrait avoir la « bonne idée » d'éviter de payer des royalties en proposant un standard « différent mais supérieur à ceux des autres ». Souvent, la multiplication des standards est liée à des questions d'intérêt commercial et même politique plutôt qu'à des problèmes d'ordre technique. Ce phé-

nomène se constate en télévision comme en vidéo. Malgré tout, on ne doit pas rester pessimiste car des grands standards existent de même que d'autres auraient pu subsister si les progrès n'avaient pas été aussi rapides. Le disque 78 tours, une fois bien au point disparaissait pour faire place au disque microsillon 30 cm. A peine né, celui-ci allait donner naissance aux formats 17 cm/45 tr/mn, 30 cm/16 tr/mn et 25 cm/33 tr/mn. Naissaient ensuite la stéréophonie, quelques gravures « hors normes » de qualité en 30 cm/45 tr/mn et le format 25 cm. La période pendant laquelle le 33 tr/mn 30 cm stéréo est devenu un standard stable est assez longue, soit une vingtaine d'années. Cette ère n'est d'ailleurs pas complètement révolue malgré l'apparition du compact-disque.

Pendant cette période, l'enregistrement en quadriphonie fit une tentative, peu fructueuse, de percée du marché. La bande magnétique est un support qui est resté plus stable au niveau des standards, ceci au même titre que les films 16 et 35 mm. Le format 6,35 mm existe toujours plus de cinquante ans après sa parution mais il est de moins en moins utilisé dans le domaine grand public en raison du succès obtenu par la cassette audio de type Philips. Cet énorme succès toujours actuel a contribué à faire disparaître d'autres standards de cassettes audio. Il fallut faire de sérieux progrès au niveau de la technologie des supports magnétiques des têtes magnétiques et de la mécanique de transport de bande pour atteindre une qualité de restitution similaire à celles des disques microsillon. La tentative de commercialisation d'une super-cassette audio, baptisée « EL cassette » n'obtint pas le succès escompté en raison de sa vente limitée au marché japonais, de son prix, du nouveau format non compatible et du prix élevé des

premiers appareils mis sur le marché. En revanche, la cassette vidéo dans le format VHS a obtenu un énorme succès (qui ne semble pas prêt de s'éteindre) puisque plus de 170 millions de cassettes de ce format ont été vendues dans le monde. Entre 1976 et 1987, ce format faisait l'objet de plusieurs évolutions dont notamment la longue durée (EP ou Extended Play), la qualité Hi-Fi, le codage d'adresse (CTL), le tout s'orientant aujourd'hui vers les nouveaux formats, Super VHS et VHS-C.

C'est après beaucoup d'apparitions suivies de disparitions, de reports successifs, de mise sur le marché que le disque optique finissait par être vraiment commercialisé. En 1963, l'université de Stanford mettait au point le premier vidéodisque capable d'être enregistré et lu sans contact matériel, ceci grâce à la modulation d'un rayon laser. Le vidéodisque LaserVision est basé sur ce principe. En 1972, le géant européen Philips et le groupe américain MCA étudiaient les possibilités de commercialisation de ce procédé qui était déjà en concurrence avec trois nouveaux principes à l'étude depuis 1970, le disque TED de Telefunken-Teldec (1970), le disque CED de RCA (1972, Capacitance Electrostatic Disc) et le disque VHD de la firme japonaise JVC. En 1973, la Thomson CSF proposait son système de vidéodisque optique suivi de Zenith en 1974 et de Hitachi en 1975. Annoncé en 1981 par RCA aux USA, le vidéodisque CED accompagné de son lecteur vidéo n'apparaissaient timidement qu'en 1982. En 1983, RCA déclarait comme satisfaisante cette tentative (500 000 lecteurs vidéo et 10 millions de disques audio-vidéo auraient été vendus entre 82 et la fin 83. Ce succès fut éphémère, ceci non pas pour des questions de fiabilité ou de prix mais plus exactement parce que ce nouveau support risquait de concu-

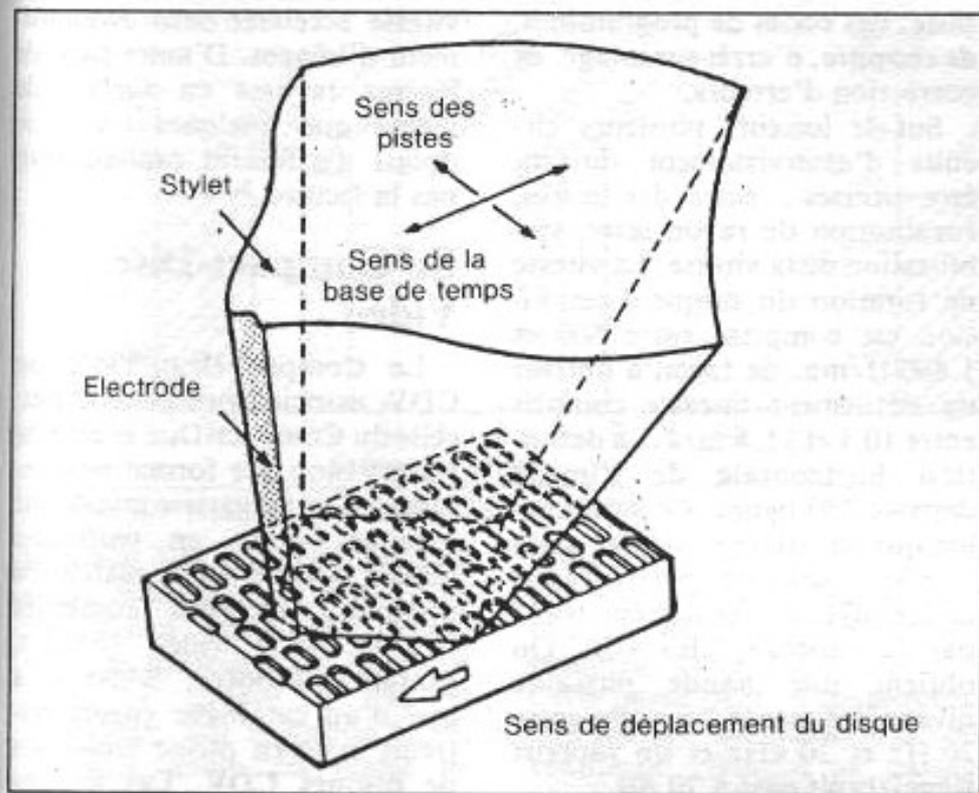
rener fortement l'industrie du cinéma. Six mois après l'introduction des lecteurs et des disques CED en Europe, RCA décidait de retirer du marché ce standard.

Le disque CED

De diamètre 302 mm, c'était un support de 1,8 mm d'épaisseur en PVC conducteur. Il était lu par un diamant et par une tête sensible d'écoute (total des deux faces). L'enregistrement y était effectué en modulation de fréquence (4,3 et 6,3 MHz) et les deux canaux sonores étaient enregistrés en modulation de fréquence avec des porteuses respectives de 716 et 905 kHz. Le rapport signal/bruit était amélioré grâce à l'introduction du codage CX (de CBS). La bande passante couvrait 30 Hz à 15 kHz. Compte tenu de la taille très réduite des sillons, ce disque devait être protégé par une cassette. Quant à sa fabrication, le pressage en grande série était possible mais aussi délicat que celui de son successeur, le disque VHD. C'est en 1978 que la firme japonaise JVC décida de reprendre le principe CED mais sous une forme améliorée baptisée VHD (Video High Density).

Le disque VHD

Ce disque qui subsiste encore actuellement sur le marché japonais (le Karaoké ou orchestre d'accompagnement pour chanteur) n'utilise pas, contrairement au disque CED, de sillon de guidage. Le guidage, réalisé par procédé de codage électronique, permet entre autres un accès rapide et aléatoire des plages. De diamètre 260 mm, en PVC conducteur, son épaisseur est de 1,3 mm. Les sillons, espacés de 1,3 μ m assurent une durée de lecture d'une heure par face. Sa surface très lisse et l'absence de sillon de guidage lui confèrent une excellente fiabilité, la taille



Principe de lecture du disque audio-vidéo JVC VHD. Le signal capté selon le principe capacitif, est dérivé du procédé américain CED.

très réduite des pistes nécessitant par contre une cassette de protection contre les poussières et les marques de doigts.

Le mode d'enregistrement est très proche de celui appliqué sur le format CED : porteuses vidéo FM de 6,1 et 7,9 MHz, deux canaux audio avec porteuse respectives de 3,43 et 3,73 MHz, bande passante 30 Hz à 20 kHz. Le signal audio est traité selon le procédé DE (Dynamic range Expansion) qui améliore le rapport signal/bruit.

Lors de la lecture, le guidage est assuré par deux signaux de servo « tracking ». Le format VHD est normalement conforme au standard couleur NTSC avec une vitesse de rotation de 900 tr/mn. Il existe également en PAL tout en restant compatible à la lecture en NTSC. Dans ce cas, sa vitesse de rotation passe à 750 tr/mn.

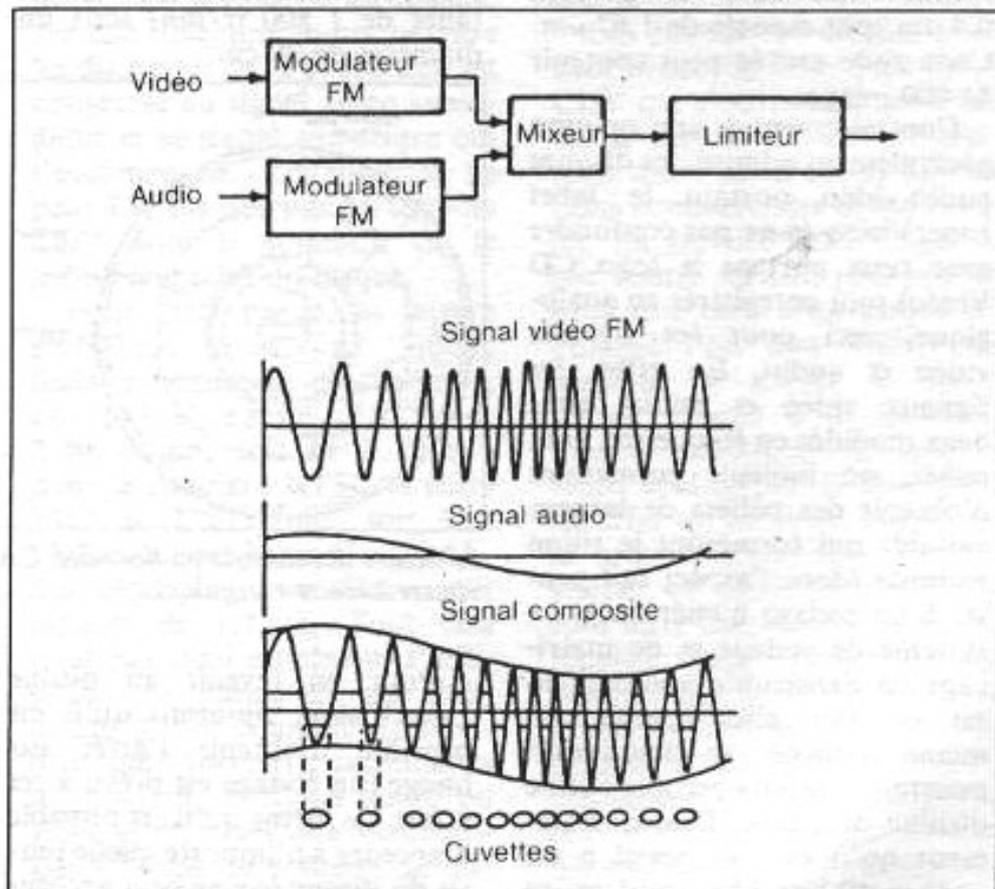
Le disque VHD est protégé par une cassette de dimensions 333 x 267 mm dont l'épaisseur est de 7 mm. Pour l'utiliser, on introduit la cassette dans le lecteur. Un mécanisme assure

ensuite l'extraction et la remise en place du disque, la cassette ne restant pas dans l'appareil pendant la lecture. Signalons que le

disque VHD est assez lourd, soit 500 g au total. La définition horizontale de ce procédé est de 240 lignes. Une certaine usure du disque existe. Elle est comparable à celle d'un disque analogique, 1 000 heures en moyenne, mais avec des risques de rayure accidentelle pratiquement nuls.

Le disque LaserVision

Il a été standardisé vers 1975 par les firmes Hitachi, Philips, Pioneer et Sony. Il a connu et connaît toujours un succès assez marqué en raison de ses qualités et de son faible encombrement. Ses deux points forts sont la lecture par rayon laser, sans contact matériel avec les pistes gravées ainsi qu'une très belle qualité d'image en comparaison avec celle de la cassette VHS standard. Ce format tout à fait au point (il existe depuis 14 ans) aurait pu connaître un succès beaucoup plus marqué s'il n'avait pas été freiné par les industries du cinéma, par le mar-



Principe simplifié du mode de formation des cuvettes sur un disque audio-vidéo CLV MaserVision.

ché de la cassette vidéo, ainsi que par son codage NTSC (il existe aujourd'hui en NTSC et en PAL). Diverses méthodes de lecture par rayon laser ont été étudiées, dont une consistant à éclairer le disque d'un côté et à lire de l'autre les pistes perforées. Son inconvénient était une assez grande sensibilité aux rayures et aux poussières. Le procédé Philips avec surface réfléchissante embossée et lue par lumière réfléchie s'est avéré plus fiable et plus intéressant (possibilité de lecture des deux faces du disque).

Le disque LaserVision mesure 30 cm de diamètre. Le trou central a un diamètre de 35 mm. Le disque, de même aspect que le Compact-Disc a une épaisseur de 2,5 mm. Il n'est pas protégé et pèse en moyenne 330 g. Sa durée de vie est identique à celle d'un Compact-Disc. La zone gravée forme une couronne de 90 mm de largeur, de diamètre interne et externe de 110 et 290 mm. Les sillons embossés, de largeur $0,4 \mu\text{m}$ sont espacés de $1,67 \mu\text{m}$. Cette zone gravée peut contenir 54 000 images.

Contrairement à une opinion généralement admise, les disques audio-vidéo portant le label LaserVision (à ne pas confondre avec ceux portant le logo CD Vidéo) sont enregistrés en analogique, ceci pour les signaux vidéo et audio. En effet, les signaux vidéo et audio, tous deux modulés en fréquence, sont mixés, un limiteur permettant d'obtenir des paliers de largeur variable qui formeront le sillon embossé (dont l'aspect fait penser à un codage numérique). Le système de codage et de matricage de l'ensemble audio-vidéo est en fait plus compliqué ; même résumée, sa description pourrait s'étendre sur une bonne dizaine de pages. Disons seulement qu'il est fait appel à un codage 40 bits FM, qu'il existe des codes servant au guidage, au repérage de début et de fin de

piste, des codes de programmes, de chapitre, d'arrêt sur image, de correction d'erreurs.

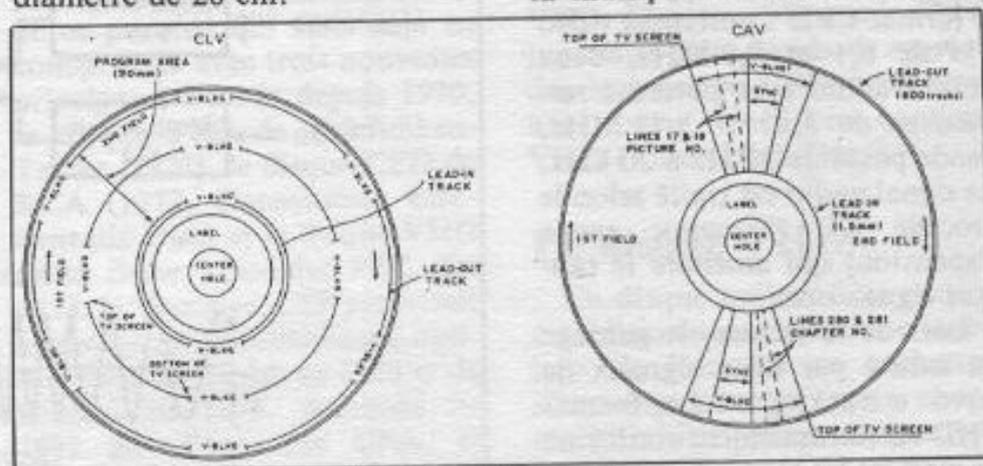
Sur le lecteur, plusieurs circuits d'asservissement doivent être utilisés : suivi des pistes, focalisation du rayon laser, stabilisation de la vitesse. La vitesse de rotation du disque LaserVision est comprise entre 600 et 1 800 tr/mn, de façon à obtenir un défilement linéaire compris entre 10,1 et 11,4 m/s. La définition horizontale de l'image dépasse 350 lignes. Ce son, analogique et stéréophonique, codé en FM à partir des porteuses 2,3 et 2,8 MHz est également traité par le procédé CBS CX. On obtient une bande passante niveau/fréquence comprise entre 20 Hz et 20 kHz et un rapport signal/bruit égal à 70 dB.

Aujourd'hui, le LaserVision existe non seulement en standard NTSC, mais également en standard PAL. Le disque optique audio-vidéo existe d'autre part dans le standard CAV (Constant Angular Velocity, rotation constante de 1 800 tr/mn) sous un diamètre de 20 cm.

vitesse accélérée sans dédoublement d'images. D'autre part, de légères rayures en surface de même que quelques traces de doigts n'affectent pratiquement pas la lecture.

Le Compact-Disc Vidéo

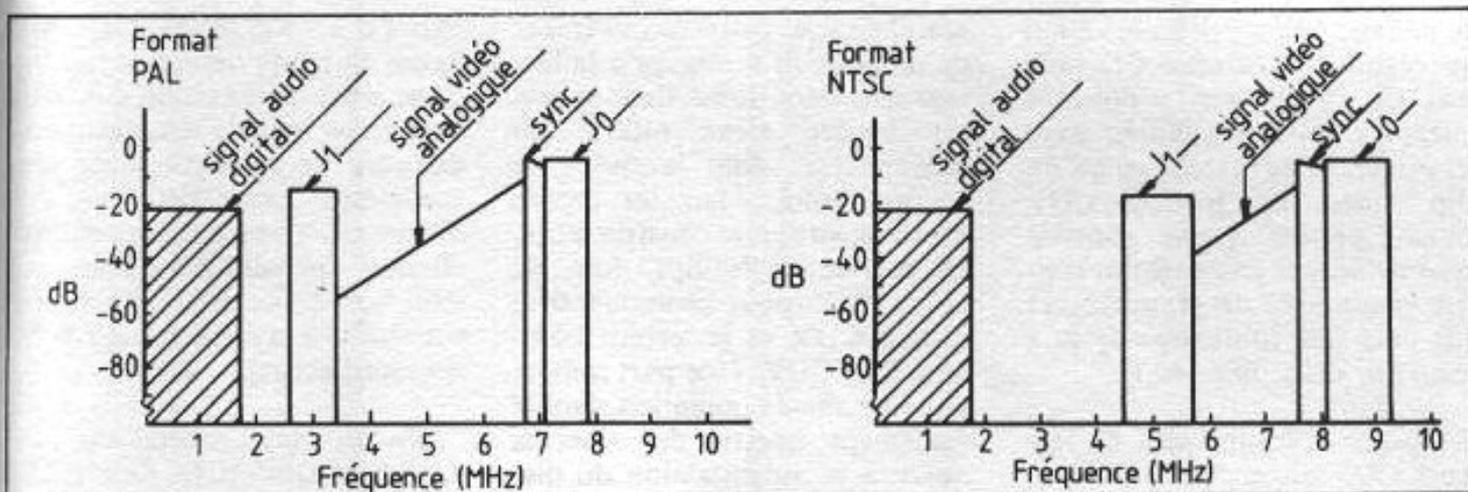
Le Compact-Disc Vidéo ou CDV, associe deux technologies, celle du Compact-Disc et celle du LaserVision. Ce format ne commence à se vulgariser que depuis quelques mois, en particulier depuis la mise sur le marché de plusieurs lecteurs combinés CDV/CD-CD vidéo (Philips, Marantz, Pioneer, Sony) ainsi que d'un catalogue encore restreint mais en pleine croissance de disques CDV. Ces lecteurs combinés peuvent lire les disques CD courants, les disques LaserVision de 20 et 30 cm, les disques CDV de 30 cm et les petits « CDV Single » (de 12 cm de diamètre et de couleur or) ainsi que les récents disques CD audio de diamètre 8 cm. En raison de la multiplicité des standards en



Structure des disques audio-vidéo CAV et CLV (vitesse angulaire constante et vitesse linéaire constante).

Pour en revenir au disque LaserVision, ajoutons qu'il est possible d'obtenir l'arrêt sur image (un codage est prévu à cet effet), de même qu'il est possible d'accéder à n'importe quelle partie du disque (on ne peut accéder qu'au début de chaque chapitre sur le disque CAV) ou passer en

télévision, les disques CDV et les lecteurs combinés sont fabriqués selon les standards NTSC et PAL. Dans le format LaserVision cité plus haut, les deux canaux audio sont modulés en fréquence avec des porteuses de 2,3 et 2,8 MHz, ceci dans la norme NTSC, soit au dessous de



Format CDV selon les standards NTSC et PAL.

la bande FM réservé au signal audio multiplexé. Toujours en LaserVision mais en format PAL, les porteuses FM du signal audio se situent à 648 et 1 066 kHz. Sur le disque CDV, la partie audio est codée en numérique et placée dans la bande 0 Hz-1,75 MHz, en NTSC comme en PAL. Ce signal est incorporé au signal vidéo modulé en FM. A signaler toutefois qu'un lecteur CD-V simple ou combiné au standard PAL ne pourra lire de disques au standard NTSC et vice-versa, ceci pour l'image comme pour le son. Par contre, les plages audio-numériques seules pourront être lues sur un lecteur ou sur l'autre, le standard audio Compact-Disc étant le même.

Le Compact Vidéo Single

Il est encore récent. On espère qu'il se placera dans un nouveau créneau de marché reprenant celui du 45 tours, mais avec la qualité et les avantages offerts par le Compact-Disc auxquels il est ajouté une moyenne de 5 minutes de vidéo dans le standard NTSC et 6 minutes environ lorsqu'il s'agit du standard PAL. La partie centrale, sur une couronne comprise entre les diamètres de 50 et 74 mm, est réservée à l'audio-numérique dont la durée est de 20 minutes. Cette partie est gravée selon les même

normes que le disque CD avec des sillons espacés de 1,6 μm et une vitesse de lecture linéaire comprise entre 1,2 et 1,4 m/s. Cette partie peut en conséquence être lue par un lecteur CD conventionnel. Notons au passage que le disque CDV, de diamètre 12 cm, se différencie des disques CD courants par sa couleur dorée. Une confusion peut cependant être faite avec quelques disques CD, assez rares, qui ont également la même teinte dorée. La périphérie du disque, sur une couronne comprise entre les diamètres de 78 et 116 mm est consacrée au signal vidéo analogique et au signal numérique qui l'accompagne. Cette partie ne peut être lue que par les lecteurs CDV dont le standard est le même que celui du disque.

Pour cette partie, la lecture s'effectue sous une vitesse linéaire beaucoup plus grande, comprise entre 1815 et 2 700 tr/mn, soit 11 à 12 m/s pour le standard NTSC et entre 1512 et 2250 tr/mn, soit 9 à 10,2 m/s pour le standard PAL. Sur cette plage, les sillons sont espacés de 1,7 μm . Tout cela n'est pas aussi simple que l'utilisation de l'appareil qui doit, lorsqu'il est combiné (c'est-à-dire multi-formats), reconnaître le standard, le signal audio ou vidéo et effectuer une reconnaissance rapide du contenu du disque (durée, nombre de plages, etc.). De là vient l'explication du

temps d'accès un peu plus long que sur les lecteurs CD classiques. En général, l'appareil lit en premier lieu la partie audio-numérique d'environ 20 mn. La lecture de la plage vidéo qui suit s'effectue, selon le lecteur CDV, soit à l'aide de la même tête laser, soit à l'aide d'une autre tête. Ce passage à la plage vidéo s'accompagne d'une augmentation rapide de la vitesse. Une fois cette plage lue, le lecteur revient en général au début de la plage audio.

Les éditeurs de disques attendent beaucoup de ce petit disque CDV qui s'ouvre non seulement sur le marché du « vidéo clip » mais aussi sur d'autres applications commerciales et industrielles. La gravure de ce disque est par contre un peu plus compliquée que celle d'un disque CD puisque l'on doit utiliser une machine à graver à double vitesse conçue à la fois pour l'audio-numérique et pour la vidéo analogique. Il faut savoir en effet qu'en vidéo analogique la gravure s'effectue avec une vitesse de rotation élevée. Le spot laser doit être parfaitement focalisé mais beaucoup plus puissant que celui utilisé pour la gravure d'un disque CD. Il faut également faire appel à une couche dorée, plus fine que la couche d'aluminium pour obtenir des empreintes d'embossage aux contours précis. Il faut en conclure que le coût de revient doit,

de ce fait, être un peu plus élevé que celui d'un disque CD normal. Ce « petit détail » présente quelques incompatibilités avec les exigences du marché vu qu'un clip vidéo en format CDV 12 cm, destiné à une clientèle essentiellement jeune ne pourrait être vendu avec un grand succès que dans une fourchette de prix comprise entre 30 et 40 F.

Le taux d'équipement en lecteurs CDV est encore beaucoup trop faible, du moins en France, pour que l'on puisse parler de ce qu'il adviendra du disque CDV single et même du disque CDV 30 cm. A qualité d'image inférieure, beaucoup d'utilisateurs préfèrent conserver la cassette VHS (elle a l'avantage d'être enregistrable, effaçable et de prix très abordable) et s'ils ne sont pas déjà équipés d'un magnétoscope, le prix d'un modèle récent se situe entre 2 600 et 5 000 F). Le lecteur de vidéodisque est par contre de prix plus élevé. Plus rare sur le

marché, il a pour inconvénient de ne pouvoir servir qu'à la lecture de vidéodisques dont le prix est encore élevé (400 F en moyenne) et dont le choix est encore limité. Mais les choses évoluent vite et les constructeurs, en particulier Philips, font de gros efforts pour promouvoir le disque CDV et le lecteur combiné CD/CDV. Une part importante de clients potentiels semble également émettre des réserves quant à la vulgarisation du disque CDV : « Ne vaudrait-il pas mieux attendre l'arrivée de la télévision haute définition ou du nouveau standard CDV-HD (CDV-Haute-Définition) pour renouveler l'achat des maillons audio-vidéo ? » De ce côté, il faut savoir que bien des projets sont en cours, le projet européen D2-Mac Packet ayant pour avantages d'offrir en un premier temps la définition améliorée EDTV (Extended Definition TV) puis la haute définition (vers 1935) tout en restant compatible avec le standard actuel (625

lignes et 2 x 625 lignes, soit 1 250 lignes en haute définition). Il est donc à peu près certain que pendant la période de remplacement du parc de téléviseurs par des modèles à haute définition, le disque CDV verra une extension de ses possibilités vers un système à haute définition. Espérons qu'il sera compatible avec le standard actuel.

Parmi les extensions du Compact-Disc (CD ROM, CD Interactif son ou image et son, CD Interactif avec codage alphanumérique), il existe l'extension CD-IVF (CD Interactif Video Format) qui est compatible avec les standards NTSC et PAL ainsi que l'extension CD-IIE (CD Interactif Image Encoding). Ces systèmes encore peu connus sont réservés soit à l'industrie, soit à l'éducation, soit en bureautique. Les appareils et les périphériques permettant l'utilisation de ces disques sont malheureusement encore trop rares. Nous y reviendrons peut-être prochainement.



ICP - BP 12 - 63, rue de Coulommès - 77860 QUINCY-VOISINS
Tél. (1) 60.04.04.24 - Télex : 692 747 - Télécopie : (1) 60.04.45.33.

Ouvert de 8 h à 12 h et de 14 h à 17 h - Fermé samedi après-midi, dimanche et fêtes.

TUBES extrait de notre catalogue

CONDENSATEURS B: SCSAFCO - SP: SPRAGUE - M: MICRO - N: NOVEA

SUPPORTS DE TUBES

10.....	96,00 F	SWAGTUSA.....	16,00 F	6080WA.....	76,00 F
12AT7WA.....	24,00 F	5Y3GB.....	32,00 F	6080WB.....	100,00 F
12AT7WA/dors.....	50,00 F	5Y3GT.....	16,00 F	6189.....	24,00 F
12AU7ECC82.....	12,00 F	5751.....	24,00 F	6189W.....	72,00 F
12AU7AUSA.....	20,00 F	5751WA.....	75,00 F	6550A/GE.....	186,00 F
12AU7WA.....	24,00 F	5085.....	32,00 F	7025AUSA.....	136,00 F
12AK7ECC83.....	25,00 F	6A7AUSA.....	36,00 F	7199.....	136,00 F
12AX7SAA.....	84,00 F	6ANBA.....	40,00 F	7247.....	115,00 F
12BH71GB.....	75,00 F	6AW8AUSA.....	63,00 F	7586PCA.....	250,00 F
12BY7USA.....	68,00 F	6CSMUSA.....	23,00 F	7895PCA.....	205,00 F
12DW7.....	115,00 F	6CWA/RCA.....	150,00 F	8BCC.....	270,00 F

CHIMIQUE	32 µF X2500 VSI.....	30,00 F	
80 µF/450 VSP.....	15,00 F	100 µF/350 VM.....	20,00 F
320 µF/300 VSI/CC22.....	35,00 F	470 µF/220 VSI/CC18.....	30,00 F
470 µF/350 VNI/CC09.....	50,00 F	1 000 µF/500 VSI/CC18.....	125,00 F
1 250 µF/80 VSI.....	15,00 F	1 600 µF/80 VSI.....	35,00 F
2 200 µF/80 VSI/CC18.....	25,00 F	3 200 µF/80 VSI.....	30,00 F
3 300 µF/100 VSI/CC38.....	50,00 F	4 000 µF/80 VSI.....	30,00 F
4 700 µF/80 VSI/CC38.....	50,00 F	4 700 µF/80 VSI/CC18.....	30,00 F
6 800 µF/100 VSI.....	50,00 F	10 000 µF/80 VSI/CC38.....	75,00 F
10 000 µF/80 VSI/CC22.....	50,00 F	15 000 µF/80 VSI/CC18.....	35,00 F
22 000 µF/80 VSI.....	35,00 F	33 000 µF/80 VSI/CC38.....	40,00 F

OCTAL STEATITE.....	43,00 F	OCTAL BAKELITE.....	15,00 F
OCTAL STEATITE TRIPLE LYRE.....	100,00 F		
NOVAL STEATITE ARGENTE.....	25,00 F		
NOVAL STEATITE DORE.....	65,00 F		
MAGNONAL STEATITE.....	15,00 F		
4 BROCHESUSA.....	25,00 F	5 BROCHESUSA.....	25,00 F
6 BROCHESUSA.....	25,00 F	7 BROCHESUSA.....	25,00 F
CLIP/10 STEATITE.....	50,00 F	CLIP/15 BAKELITE.....	5,00 F

PAPIER	2 µF/3 400 V.....	45,00 F	
6 µF/1 000 V.....	60,00 F	6,3 µF/8 150 V.....	250,00 F

Sur place un très grand choix de composants actifs et passifs

Catalogue de tubes contre 18F en timbres

Vous cherchez un tube, n'hésitez pas ! Contactez-nous nous avons plus de 2 000 références en stock

13CW4USA.....	320,00 F	6FGTUSA.....	21,00 F	EB4L/7320.....	166,00 F
2A3USA.....	125,00 F	6H6AUSA.....	21,00 F	EB8C.....	64,00 F
30USA.....	105,00 F	6L8G.....	40,00 F	EB8C/RTC.....	65,00 F
300B.....	sur demande	6L8GYUSA.....	40,00 F	E90CC.....	32,00 F
310B/WE.....	385,00 F	6L8MCA.....	60,00 F	E180CC.....	42,00 F
41USA.....	50,00 F	6LWGA/5881.....	80,00 F	E181CC.....	34,00 F
5R4GYUSA.....	40,00 F	6LWGB/5832.....	80,00 F	E182CC.....	115,00 F
5R4GYUSA.....	80,00 F	6V6GUSA.....	25,00 F	E188CC.....	112,00 F
5R4WGAUSA.....	50,00 F	6V6GTUSA.....	13,00 F	EF86.....	22,00 F
5R4WGBUSA.....	72,00 F	6S7MUSA.....	20,00 F	EF86/PHILIPS.....	42,00 F
5R4WGYUSA.....	72,00 F	6SN7GTUSA.....	20,00 F	EF86/MAZDA.....	34,00 F

EL3A/PHILIPS.....	90,00 F	EL3A/SIEMENS.....	95,00 F
EL84.....	23,00 F	EL156/TK.....	470,00 F
EL156/TK.....	470,00 F	EL519A/URS.....	64,00 F
EL519A/URS.....	64,00 F	GZ32.....	32,00 F
GZ32.....	32,00 F	GZ34.....	34,00 F
GZ34.....	34,00 F	KT66/GE.....	350,00 F
KT66/GE.....	350,00 F	KT66/775.....	sur demande
KT66/775.....	sur demande	KT88.....	sur demande
KT88.....	sur demande	OD3USA.....	20,00 F

TRANSFO D'ALIMENTATION : extrait de notre catalogue

1116/1100B3 : Prim. 110/220 V - Sec. 2 x 200 V/80 mA - 5 V/2 A - 6,3 V/2 A.....	250,00 F
A45887 : Prim. 110/220 V - Sec. 2 x 350 V/300 mA - 5 V/3 A - 6,3 V/4 A.....	350,00 F
US51A : Prim. 110/220 V - Sec. 2 x 720 V/350 mA - 6,3V/14A - 5 V/5 A.....	250,00 F
US51B : Prim. 110/220 V - Sec. 2 x 735 V/500 mA - 6,3V/14A - 5 V/5 A.....	350,00 F

Expédition par TRANSPORTEUR en PORT DU. - Catalogue de TRANSFOS contre 6,00 F en timbres.

LAMPOMETRE Portatif type TV71U (US) consultez l'Annuaire Electronique

Permet de tester tous types de tubes miniatures OCTAL, NOVAL, 4, 5, 6, 7, contacts, etc..... 350,00 F

Notice US..... 150,00 F Expédition transporteur en port du.

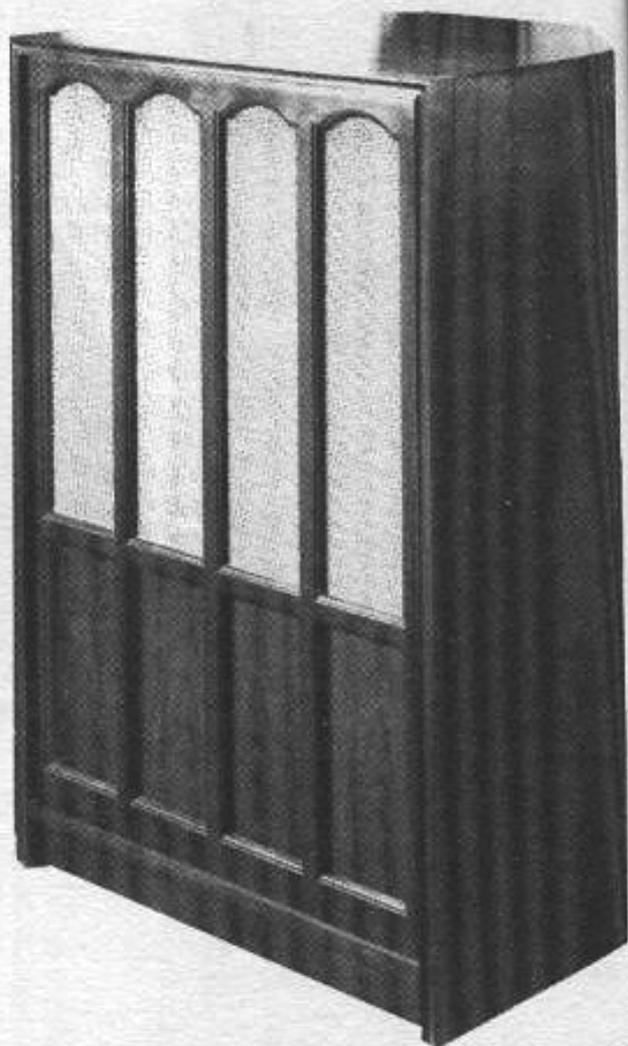
Nom : ICP
 Loc. : QUINCY-VOISINS
 Dépt. : 77

**Page non
disponible**

FRAGOVERE

Patrick Vercher

ELECTRO-VOICE
PATRICIAN 800



enceinte Electrovoice Patrician 800 est représentative d'un certain « âge d'or » de la haute-fidélité qui se situe autour des années 60.

Réalisée sans souci « économique », elle concrétisait les idées les plus « folles » en matière de système 4 voies

sans limitations, dans la transcription de l'extrême-grave avec du niveau et un minimum de distorsion.

Aussi les ingénieurs d'Electro-Voice n'ont-ils pas hésité à étudier un gigantesque haut-parleur de grave de 76 cm (!) de diamètre, chargé par devant par une amorce de pavillon droit dont l'ouverture à l'arrière de l'enceinte débouche sur l'encoignure de la pièce faisant office de pavillon naturel.

La Patrician 800 fait l'objet d'un « véritable culte » auprès des audiophiles japonais qui ont acquis à peu près tous les modèles existants.

La première fois que j'ai pu écouter une paire de Patrician 800, c'est à Tokyo dans le grand magasin Yamagiwa, spécialisé, dans le quartier électronique d'Akihabara, dans les matériels d'exception haute-fidélité et... luminaires. Yamagiwa, c'est un peu une caverne d'Ali Baba des matériels pratiquement introuvables, dont le dernier étage est réservé aux produits d'importation. On y trouve entre autres enceintes ainsi « entassées » : Bozak Concert Grand, JBL, Hartsfield et Paragon, Altec Voix du théâtre, Weslake, Tannoy Autographe, Western Electric 15 A, cotoyant Apogée, Martin Logan, Magnepan, etc.

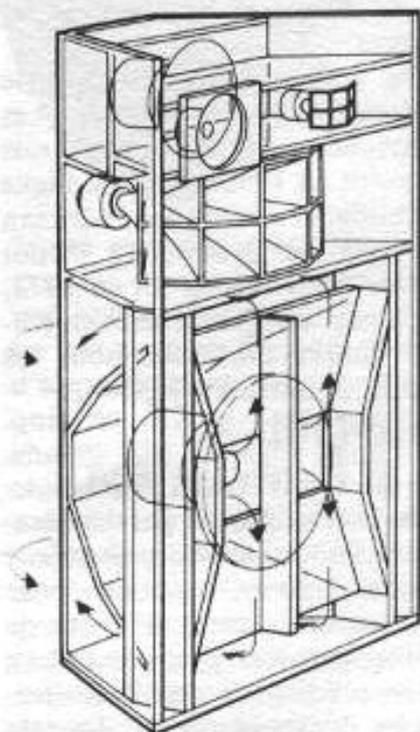
Pour se rafraîchir la mémoire auditive, c'est le lieu idéal. Les Patrician 800 n'ont pu me donner qu'un petit aperçu de leur exceptionnelle qualité de tenue dans l'extrême grave, ampleur de l'image stéréo et très grande douceur du médium. Là où les autres systèmes, même avec des 38 cm avec pavillon « arrêtent » en dessous de 50 Hz le haut-parleur grave E.V. 30 W de 76 cm continue à descendre vraiment avec du niveau et un « impact » physique au sternum jusqu'à 20 Hz. Ainsi toute la notion d'assise sonore se trouve-t-elle transfigurer et comme dans la réalité les sonorités dans le grave passent du léger au lourd avec beaucoup d'aisance. Par la suite, j'ai pu écouter les Patrician 800 sur les enregistrements très soignés de bruits divers et, en particulier, de locomotive à vapeur. Le passage de la machine sur les joints de dilatation des rails prenaient réellement une toute autre dimension sonore, par l'impression physique des « tonnes » de métal qui se déplaçaient et du souffle puissant de la déflagration d'air du convoi, à tel point que je me demandais si le plancher allait résister à une telle sensation de masse. Mais en dehors de cet aspect spectaculaire et

démonstratif le plus surprenant, avec ce système Patrician 800, est qu'il sait rester léger quand il n'y a pas de grave dans la source et très transparent pour un système de 1963, sans coloration désagréable de caisse ni tonique cavernieuse dans le bas médium. La cohésion entre les quatre transducteurs s'avère même étonnante sans rupture de famille de timbres et avec une rapidité extraordinaire dans le médium, avec une bonne localisation spatiale grâce à la disposition symétrique des transducteurs. Mais toujours grâce au soutien du haut-parleur d'extrême-grave, l'ambiance des salles de concert prend un tout autre aspect, physiquement concret, sans curieusement exciter les résonances de la pièce d'écoute. La sensation d'extrême-grave « omnidirectionnel » est d'ailleurs totalement différente, vous avez plus la sensation de « baigner » dans les fréquences en dessous de 100 Hz, de la même manière que dans certaines salles de concert. Ainsi les Patrician 800 ne sont-elles nullement dépassées mais au contraire hyper-actuelles avec les disques CD qui peuvent descendre très bas en fréquence sans les problèmes de lecture et de lisibilité des tables de lecture analogique, rendant parfaitement justice à la prise de son qui se trouve sublimée.

Bref historique

La société américaine Electro-Voice est l'une des plus anciennes compagnies spécialisées dans les transducteurs électroacoustiques. Elle fut fondée en 1927 par M. Albert R. Kahn et Louis R. Burroughs qui étudièrent et réalisèrent des microphones et cellules phonographiques. Ils développèrent uniquement ces activités pendant près de 20 ans jusqu'à l'arrivée en 1949 de M. Howard Souther venant de la société californienne Stephens

(M. Stephens avait développé dans les années 30 avec M. John Hilliard et James B. Lansing sous la direction de M. Douglas Schearer un système de haut-parleurs pour cinéma commandé par les studios de la M.G.M. (le monde est petit). Ainsi débuta en 1950, chez Electro-Voice la fabrication de haut-parleurs descendant directement des développements à l'origine des haut-parleurs de l'industrie du cinéma. D'ailleurs une version du fameux système Schearer



La première Patrician (1960) reprenait le principe de charge Klipsch (sous licence) et en 5 voies.

était au catalogue dans les années 50. Par la suite, très rapidement, cette activité haut-parleurs prit chez Electro-Voice un grand essor parallèlement à la fabrication des microphones. Et en 1960 on vit l'apparition d'enceintes « domestiques » faisant appel à un pavillon replié avec la première Patrician (5 voies, avec charge licence Klipsch jusqu'en 1963, par la suite Electro-Voice a continué jusqu'à nos jours à fabriquer des transducteurs sur un cahier des charges spécifiques à Paul W. Klipsch) Georgian, Regency,

Aristocrate et Baronet puis des enceintes de bibliothèque.

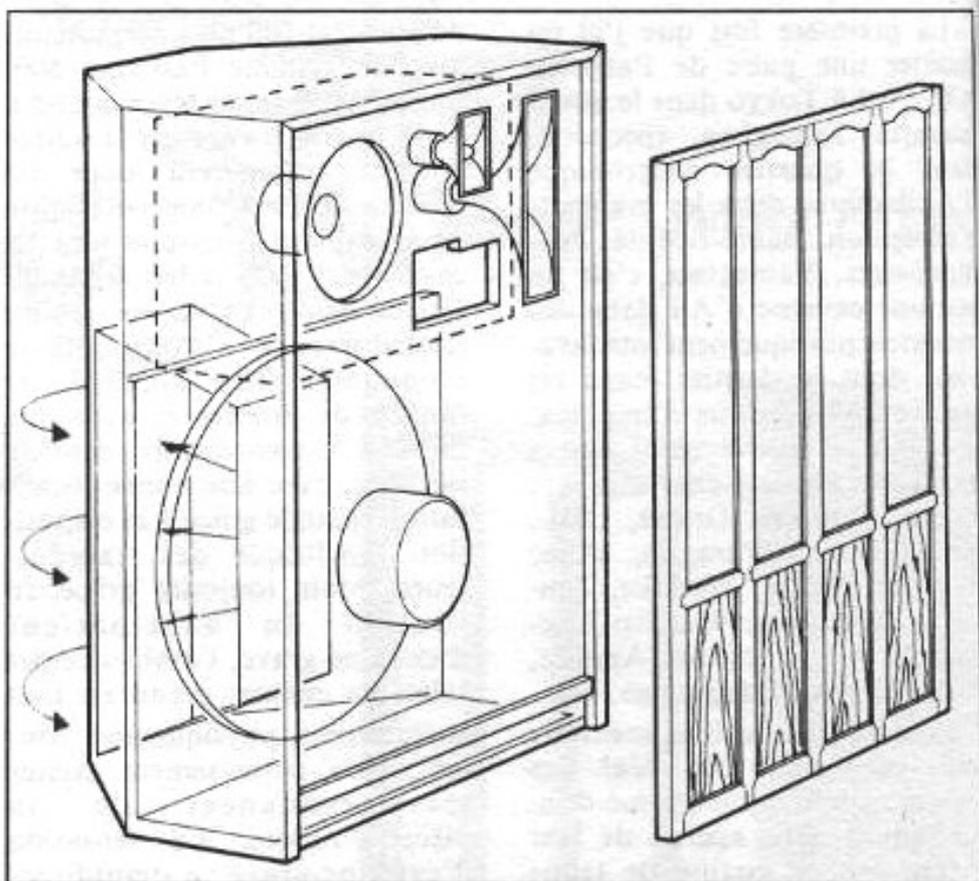
Entre 1960 et 1970, les ingénieurs d'E.V. ont particulièrement étudié les propriétés directionnelles des haut-parleurs pour mieux contrôler leur directivité ainsi que l'énergie acoustique rayonnée. Il ne faut pas s'étonner de trouver à cette époque, avec les chambres de compression Electro Voice des pavillons spécifiques de type à diffraction ainsi que des systèmes plusieurs voies dont l'alignement acoustique a été réalisé selon les formules de Thiele et Small pour les charges.

On retrouve actuellement le prolongement de toutes ces recherches sur la Patrician II mis au point en 1982 qui est la digne descendante directe des Patrician 800 dont la production s'était arrêtée dix ans plus tôt en 1972, mis à part une petite série en édition limitée fabriquée pour les « collectionneurs » japonais.

Descriptif de la Patrician 800

Cette enceinte est particulièrement volumineuse puisqu'elle mesure 1,30 m de haut pour 83,8 cm de large et 67,1 cm de profondeur. Son poids de 142 kg ne la prédispose pas à de fréquents déménagements. La très austère face avant est une combinaison de styles « néo-classique-gothique » sur la version « Traditional ». Plus sobre et actuel la version « Contemporary », cependant, ne choquerait pas dans un monastère. L'arrière de l'enceinte épouse la forme d'un coin tronqué avec une large ouverture sur les deux tiers inférieurs correspondant à la sortie d'un pavillon droit très court placé à l'avant du gigantesque haut-parleur grave 30 W.

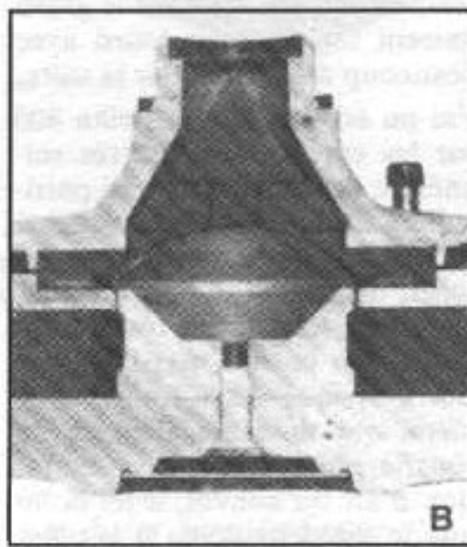
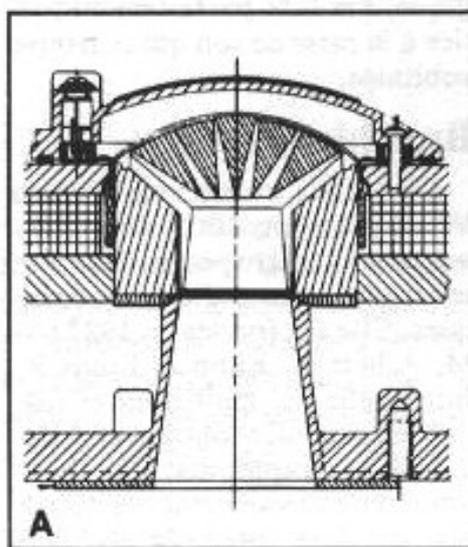
Comme le schéma le révèle, le 30 W est monté en position inversée, il est chargé à l'arrière par un volume clos qui prend les 2/3 du volume global de la Patrician.



Vue éclatée des différents haut-parleurs sur la Patrician 800 de 1963. Le haut-parleur grave de 76 cm est chargé par une amorce de pavillon droit dirigé vers l'arrière.

La face avant de la membrane du haut-parleur regarde l'ouverture rectangulaire ($\approx 60 \times 30$ cm, 275 inches carrés) faisant office de chambre de compression qui débouche sur une amorce de pavillon droit qui rayonne sur une surface de bouche de

370 inches carrés) à l'arrière de l'enceinte. Aussi, il faut placer la Patrician 800 dans une encoignure, décollée de quelques 5 cm des murs adjacents, pour profiter de l'effet de pavillon « naturel » et accroître le rendement. Cette section extrême-grave qui



Comparaison entre les pièces de mise en phase en A d'une chambre de compression à canaux radiaux ; en B d'une chambre de compression Electro-Voice.

porte bien son nom, monte jusqu'à 100 Hz (coupure 12 dB/octave). Au-delà de cette fréquence, le rayonnement devient direct à partir d'un haut-grave Electro-Voice SP12 M de 30 cm de diamètre monté dans un coffret indépendant (largement ouvert, évent de grande surface) monté à l'intérieur de la grande enceinte et occupant le tiers supérieur. Il monte jusqu'à 800 Hz où il est relayé par une chambre de compression Electro-Voice 1824 M avec un pavillon à diffraction disposé dans le sens vertical (voir schémas). Cette chambre de compression se caractérise par une pièce de mise en phase particulière (voir vue en coupe) qui, contrairement aux autres chambres de compression, se situe devant la partie concave de la membrane en aluminium et présente des canaux partant d'anneaux acoustiques formant un angle droit qui guident les ondes vers une embouchure conique, afin que la longueur de chaque canal soit identique et obtenir une bonne mise en phase de toutes les émissions sonores. Pour l'extrême-aigu au-delà de 5 000 Hz un tweeter Electro-Voice T 350 détaille les harmoniques supérieures. Il peut monter de manière linéaire jusqu'à 23 000 Hz. Le petit pavillon est aussi disposé dans le sens vertical. Le T350 est positionné entre le haut-parleur de haut-grave et le pavillon du moteur médium-aigu, la disposition des transducteurs étant symétrique pour les enceintes droite et gauche.

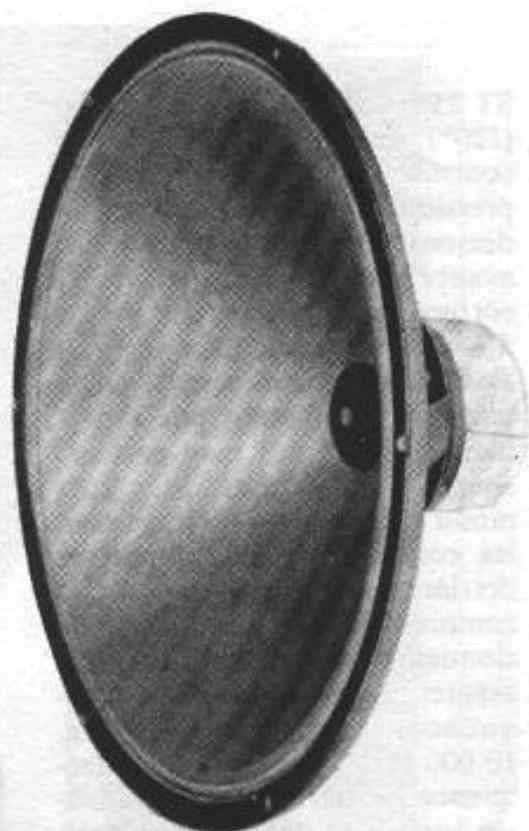
Sur la plaque du filtre on trouve des réglages indépendants de niveau pour le haut-grave, médium-aigu, et très « haute » fréquence.

Pour le transport, Electro-Voice avait déjà eu l'idée de strapper les bornes d'entrée de chaque haut-parleur, l'équipage mobile est ainsi bloqué par le « frein électromagnétique » du système bouclé sur lui-même.

Le gigantesque haut-parleur grave de 76 cm possède une membrane de grande légèreté mais très rigide, mise en mouvement par une bobine de 6,3 cm de diamètre jouant dans l'entrefer d'un circuit magnétique de près de 20 kg. Le champ magnétique doit s'élever à 12 400 gauss. La fréquence basse de résonance est située à 15 Hz.

La descendance

Au siège international d'Electro-Voice, en Suisse, nous avons pu écouter la Patrician II, descendante de la Patrician 800 et prolongeant ainsi la légende, tout en mettant en œuvre les dernières techniques en matière de directivité contrôlée, mise en phase acoustique très précise. On retrouve, mais en rayonnement direct arrière (sans amorce de pavillon droit) la dernière version du 30 W avec membrane de



76 cm en mousse de polystyrène expansé très rigide, entraîné par une bobine de 6,3 cm de diamètre sur support Kapton, avec fil d'aluminium et aimant céramique de 2,2 kg, procurant un champ de 12 400 gauss. La charge est entièrement close et amortie par de la laine de verre.

Sur la partie supérieure avant de l'enceinte on trouve le haut-grave de 30 cm logé dans un coffret bass-reflex indépendant du coffret d'extrême-grave. Juste en dessous est situé le tweeter

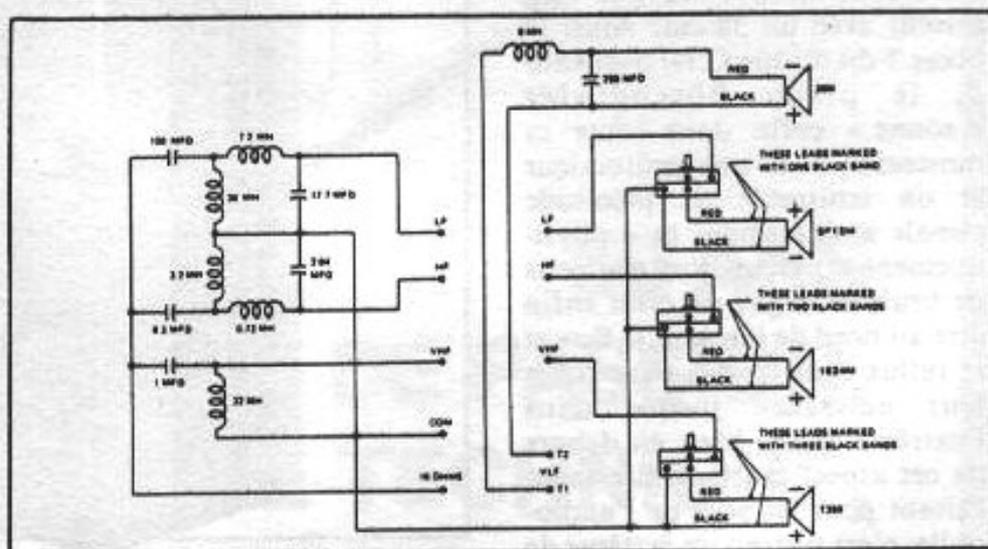


Schéma de principe du filtre passif de la Patrician 800. Il était prévu pour le transport des straps qui court-circuitaient les bobines mobiles des différents haut-parleurs.

ST 350 A avec pavillon radial (120°) curviligne à dispersion contrôlée. La chambre de compression DH 1506 est montée en dessous sur un support plus avancé pour une mise en phase correcte (alignement des points d'émission dans le plan vertical) avec pavillon à directivité constante mise au point par l'ingénieur en chef des haut-parleurs chez Electro-Voice, M. Raymond R. Newman. Le filtre dont les composants sont apparents derrière une plaque en altuglas comprend un nombre impressionnant de composants pour assurer les transitions aux fréquences 100 Hz, 1 500 Hz, 10 000 Hz. La réponse en fréquence est parfaitement contrôlée aussi bien dans le plan horizontal, 100°, que vertical. Les pointes de niveau peuvent atteindre 126 dB (!) sans détérioration des haut-parleurs.

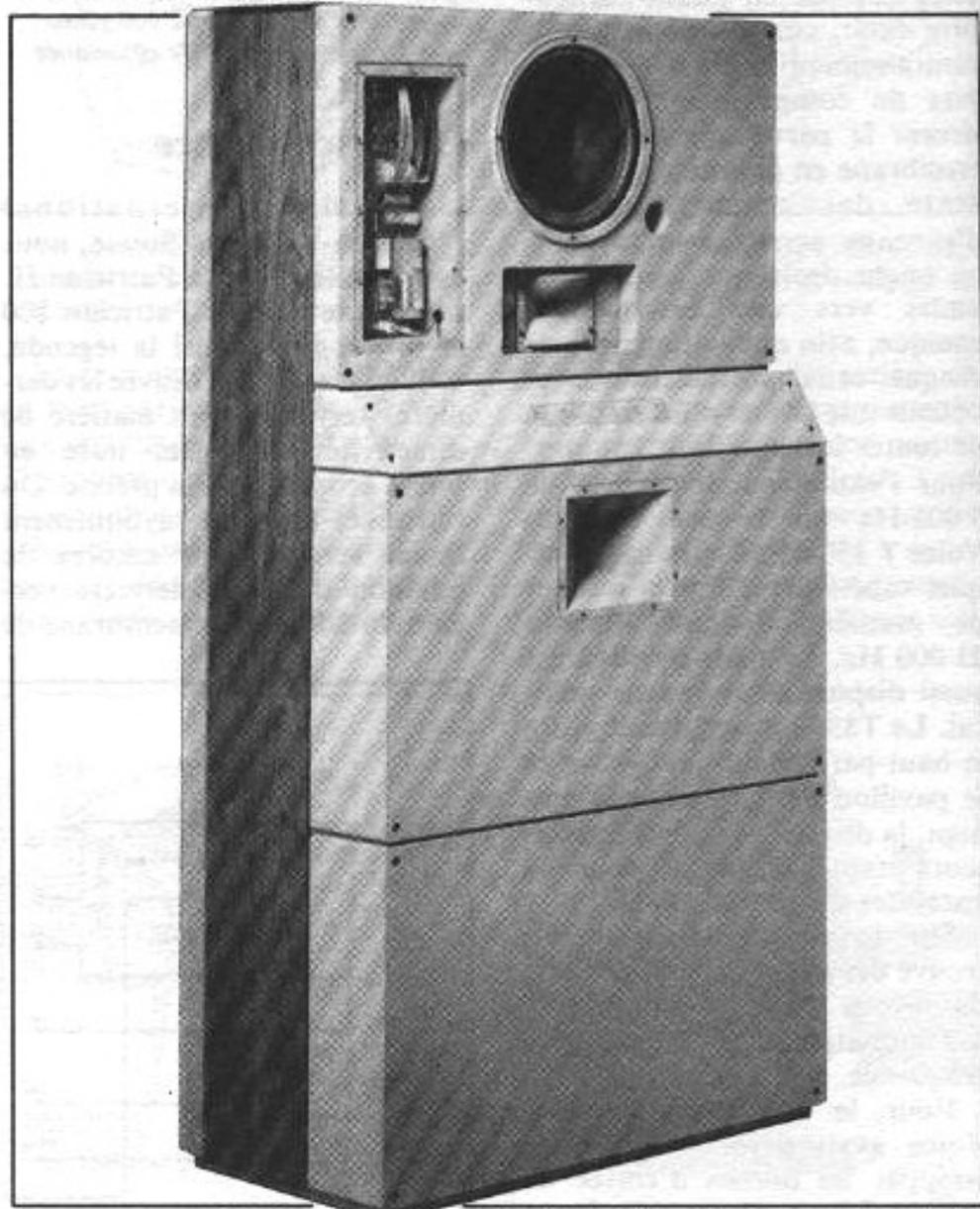
La Patrician II doit être placée entre 5 et 10 cm du mur arrière (il n'y a plus besoin d'encoignure) et la salle d'écoute ne doit tout de même pas être une chambre de bonne. Sur les quelques disques CD que nous avons apportés, nous avons retenu une formidable impression de « pression » acoustique dans l'extrême grave qui est sans commune mesure même avec ce que l'on ressent avec un 38 cm. Ainsi la plage 7 du disque C.D. Stakkato 1, le piano Bosendorfer « sonne » enfin dans toute sa dimension avec une profondeur et un sentiment de plénitude jamais auditivement et « physiquement » perçus. Sur nos tests de bruit de vague on croit enfin être au bord de l'océan, le flux et le reflux sont rendus dans toute leur puissance jusque dans l'extrême-grave. Mais en dehors de cet aspect spectaculaire satisfaisant pour les sens de l'audiophile, c'est surtout un système de grande douceur dont la mise en phase précise procure des plans sonores d'une exceptionnelle

profondeur avec cet environnement spatial dans l'extrême-grave qui vous transporte sur les lieux de la prise de son sans difficulté d'interprétation intellectuelle. Les voix ont des timbres magnifiques sans fausse chaleur ou trace « d'aboïement » sur les transitoires, avec une hyperfocalisation entre les deux enceintes. Le paradoxe avec les Patrician II réside dans le fait « qu'on les oublie » car jamais elles ne donnent de l'effet « trou dans le mur » particulièrement désagréable mais étale majestueusement une image stéréo d'une toute autre dimension.

Si vous avez la chance un jour

de tomber sur une paire de Patrician 800 n'hésitez pas, je peux vous assurer qu'elles vous feront passer un grand frisson sonore. Si vos moyens vous le permettent, les Patrician II (env. 87 000 F pièce) sont capables de calmer votre nostalgie avec de surcroît une mise en phase des plans sonores d'une incroyable précision.

Cela démontre qu'un système sans compromis étudié avec rigueur, sans considération de prix et n'essayant pas de contourner les lois immuables de l'acoustique, est capable même 30 ans après de déclencher la véritable émotion.



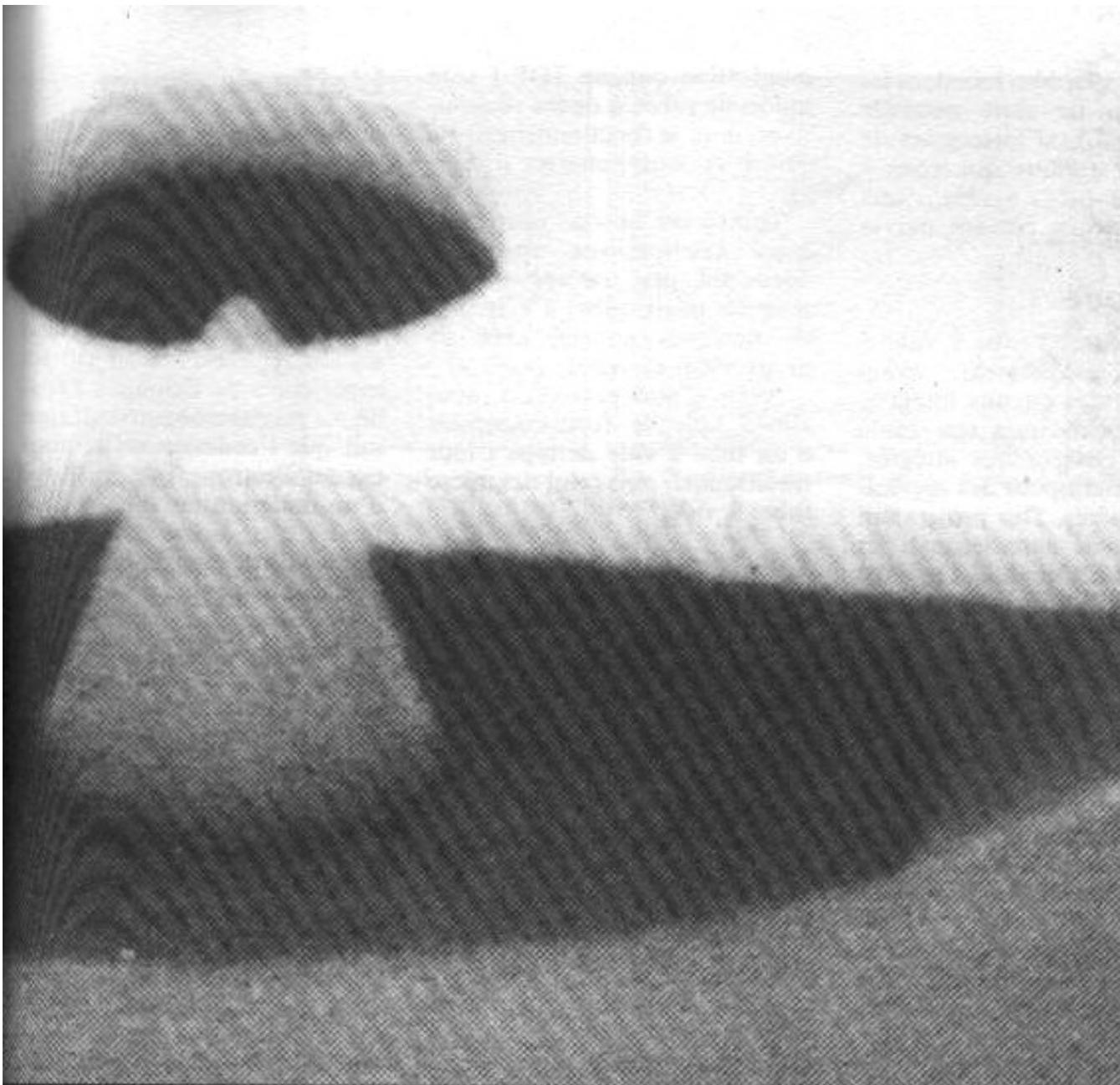
La digne descendante de la Patrician 800, la Patrician II, reprenant le principe du système 4 voies mais le haut-parleur grave de 76 cm rayonne directement vers l'arrière sans pavillon. A l'avant, on remarquera la forme des pavillons à directivité contrôlée.

**Page non
disponible**

LES MICROTRIODES

Jean-Paul Biberian

Dans cette même rubrique du numéro précédent, nous vous avons communiqué les premiers éléments dont nous disposions concernant cette nouvelle technologie que sont les micro-triodes. Suite à leur parution, nous avons eu le grand plaisir d'être contactés par Jean-Paul Biberian qui était l'un des participants français à la première Conférence Internationale sur la Micro-Electronique à Vide. Nous lui avons demandé de faire le point sur l'état des recherches dans cette nouvelle technologie. Certes, ces nouveaux développements ne sont pas spécifiquement destinés à l'audio mais n'est-il pas sympathique de retrouver ces chères lampes même si le côté magique de leur tube et de leur filament a disparu... Nous lui laissons la parole



A la base des microtubes, la pointe de C. Spindt (SRI) joue le rôle de la cathode. Ici, elle est grossie 60 000 fois. Pour imaginer l'incroyable miniaturisation, il y a le même ordre de grandeur entre ces microtubes et un tube classique qu'entre un tube classique et trois tours Eiffel empilées !

Par un de ces surprenants retournements de l'histoire, un objet qui nous semblait complètement obsolète est en train de revenir sur la scène de la Haute Technologie. En effet, en juin 1988 a eu lieu à Williamsburg en Virginie aux Etats-Unis la première

Conférence Internationale sur la Micro-Electronique à Vide.

Cette conférence traitait des micro-tubes électroniques à vide !

D'ailleurs, la conférence avait comme sous-titre « Back to the Future »

c'est-à-dire « Retour vers le Futur ». Une centaine de scientifiques vinrent participer aux trois journées passionnantes,

à la grande surprise des organisateurs :

Henry Gray du Naval Research Center de Washington

et Charles Spindt du célèbre Stanford Research Institute.

L'assistance était très internationale avec des représentants de la plupart des pays engagés dans la course à la haute technologie.

A côté des Américains, il y avait une représentation européenne,

dont plusieurs Français, des Japonais, surtout observateurs

et même des Soviétiques qui firent plusieurs exposés.

Le succès a été tel que cette année aura lieu la deuxième conférence du 24 au 26 juillet à Bath en Grande-Bretagne.

Avant d'aller plus loin dans les applications de cette nouvelle technologie, il est intéressant de faire un historique qui nous a conduit des tubes à vide... aux tubes à vide en passant par le transistor !

Historique

A l'époque où tube à vide et transistor coexistaient, avant l'invention des circuits intégrés, certains scientifiques ont voulu créer de l'électronique intégrée, principalement pour des applications militaires. Des projets ont été poursuivis dans lesquels les triodes à vide avaient des tailles à l'échelle du micron. Il faut savoir qu'au début des années soixante, il n'existait pas d'équipement permettant de fabriquer des motifs à de telles échelles, et ainsi des astuces ont dû être découvertes pour les réaliser.

Avec l'avènement du circuit intégré, la quasi totalité de ces efforts ont été arrêtés. Seuls quelques irréductibles ont continué dans l'indifférence générale.

Cependant, on s'est aperçu que dans certaines situations, les tubes à vide sont sans concurrence : par exemple, hormis l'audio, un des problèmes les plus importants dans les applications militaires est celui du durcissement des circuits vis à vis des radiations de toutes sortes et plus spécialement des ondes électromagnétiques résultant d'une explosion nucléaire. Les transistors et circuits intégrés sont difficilement protégeables. Également un autre problème est le fonctionnement des circuits intégrés à haute température. En effet, les transistors qui sont la base des circuits intégrés contiennent des zones dopées qui peuvent diffuser rapidement d'une région à l'autre du transistor lorsque la température est élevée. D'autre part, on n'a toujours pas réussi à fabriquer avec des semi-conducteurs des amplificateurs de puissance à haute fréquence. Les satellites de télécom-

munication comme TDF 1 sont munis de tubes à ondes progressives, dont le fonctionnement est délicat et consommateur d'énergie.

Toutes ces raisons plus quelques applications nouvelles découlant des travaux réalisés pour les micro-tubes à vide ont, en quelques années, créé un mouvement mondial.

Avant d'aller plus avant, nous allons voir le fonctionnement d'un tube à vide de type triode traditionnel, puis celui des micro-tubes à vide.

Les triodes

Un tube à vide traditionnel se compose pour les triodes : d'une cathode, d'une anode et d'une grille, voir figure 1. La cathode est chauffée par effet Joule, c'est-à-dire par passage d'un courant électrique. Le chauffage de la cathode permet l'extraction facile des électrons en appliquant une tension entre la cathode et l'anode. Ce courant d'électrons dépend de nombreux facteurs, en particulier de la température de la cathode et de la tension appliquée entre l'anode et la cathode. Un tel système sans grille constitue une diode à vide qui permet le passage d'électrons dans un seul sens et donc de courant dans le sens inverse. L'adjonction de la grille permet de moduler ce courant en appliquant une tension variable. Les triodes et leurs dérivés, tétrodes et pentodes ont été longtemps utilisés comme dispositif amplificateur dans de nombreux domaines de l'électronique. Un des inconvénients de cette technologie est d'une part qu'elle est difficilement miniaturisable et d'autre part consommatrice d'énergie, fragile et de durée de vie limitée à cause de l'usure des filaments. Sauf dans des cas très particuliers (audio de haut de gamme entre autre), on ne les utilise plus. Le transistor et les circuits intégrés les ont complètement supplantés.

L'effet de champ

Nous venons de voir que les triodes à vide comportaient des cathodes chaudes pour l'émission des électrons. Il existe une autre alternative pour émettre des électrons, c'est "l'effet de champ". Ce mécanisme est connu depuis de nombreuses années, et remonte en fait aux expériences de Benjamin Franklin sur les paratonnerres. Il apparaît que l'émission ou la réception d'électrons par la surface d'un matériau est d'autant plus facile, c'est-à-dire se fait avec une tension électrique d'autant plus faible que le rayon de courbure de la surface est petit. Pour fonctionner, un paratonnerre doit avoir une pointe très effilée correspondant à un très petit rayon de courbure. Inversement, si on applique une tension électrique entre une pointe et une plaque métallique, les électrons sont émis à partir de la pointe sans nécessité de chauffage de celle-ci, comme le montre la figure 2.

L'application des pointes à émission de champ pour la fabrication de triodes ne s'est jamais réalisée pour plusieurs raisons : tout d'abord, les pointes doivent avoir un rayon de courbure inférieur au dixième de micron, ce qui ne rend pas leur réalisation aisée, et par ailleurs le courant émis s'il dépend du rayon de courbure, dépend également du matériau présent en surface, et ce à l'échelle atomique. Les pointes à émission de champ sont très sensibles à ce que les physiciens du solide appellent le travail de sortie et qui représente la différence de potentiel nécessaire pour extraire un électron du matériau et l'amener au niveau du vide. Ce travail de sortie varie fortement avec le matériau présent en surface. C'est d'ailleurs pour cela que certaines cathodes sont recouvertes d'oxyde de baryum ou de césium par exemple. Or, la surface de la pointe

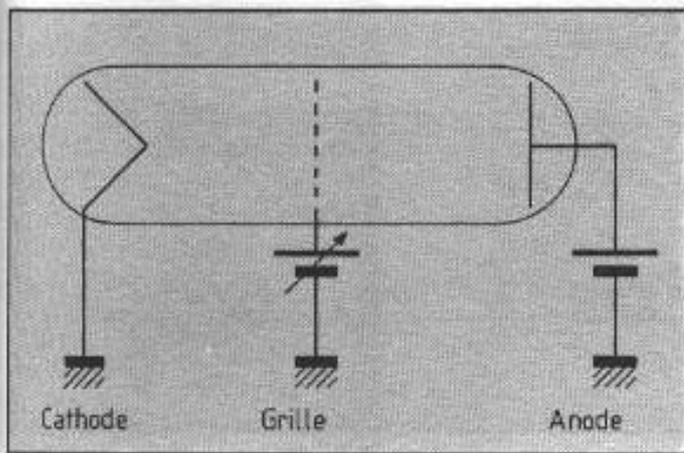


Fig. 1 : Schéma de principe d'une triode.

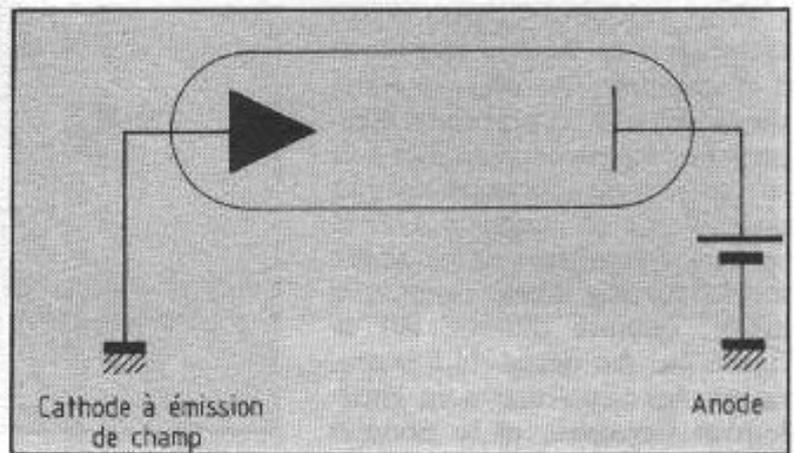


Fig. 2 : Fonctionnement d'une pointe à émission de champ.

évoque avec le temps. Il est intéressant de savoir qu'à une pression égale à un milliardième de la pression atmosphérique une surface se recouvre d'une monocouche de gaz en une seconde ! Il est donc évident que le matériau de la pointe peut évoluer et les caractéristiques de celle-ci varier.

Il n'est donc pas étonnant que les pointes à émission de champ soient d'un emploi restreint. En fait, à part le paratonnerre, on peut citer l'utilisation de pointes comme microscope à effet de champ, inventé dans les années 50 par le professeur Muller en Allemagne, qui permet de "voir" directement les atomes, en faisant un agrandissement de la pointe. Les pointes sont utilisées dans les microscopes électroniques à haute résolution comme source d'électrons brillante et de faible dimension. Récemment, deux chercheurs d'IBM Zurich ont reçu le prix Nobel de Physique pour leur invention d'un microscope à effet tunnel à balayage utilisant le courant qui passe entre une pointe et une surface comme sonde de distance à l'échelle atomique ; en balayant la pointe, ils obtiennent une cartographie à l'échelle atomique de la surface.

Finalement, on s'aperçoit que les pointes à émission de champ sont utilisées dans des domaines très restreints. Un des problèmes étant que ces pointes sont fabri-

quées à partir d'un fil métallique rendu pointu par des méthodes électrochimiques. Leur utilisation nécessitant un environnement de vide égal à un millième de milliardième de la pression atmosphérique ! Soit tout de même mille fois moins que la pression régnant dans un tube électronique traditionnel ou un tube de télévision.

Les micropointes à émission de champ

A la fin des années 50 et au début des années 60, plusieurs équipes de part le monde ont essayé de faire des micropointes. En effet, des micropointes en grande quantité peuvent servir de cathode froide à fort courant. Les applications allant de l'électronique intégrée à la propulsion spatiale. L'équipe qui eut le meilleur succès fut celle du Standford Research Institut, un centre de recherche indépendant

sous programme. Charles Spindt, de l'équipe du Dr Ivor Brodie, a réussi à fabriquer par des techniques de microlithographie des pointes et des grilles intégrées avec des dimensions inférieures au micron, à l'époque où la microélectronique était loin d'atteindre de telles performances. Pour cela, ils ont dû développer des techniques très originales, qui valent la peine d'être décrites.

Le matériau de départ est une plaquette de silicium préalablement recouverte d'une couche d'un micron d'épaisseur d'oxyde de silicium (du verre) isolant, puis d'une couche métallique. Après une technique de masquage classique, d'insolation, de révélation et de gravure sélective, la plaquette se trouve comme indiqué dans la figure 3a. La difficulté consiste à déposer des pointes à l'intérieur des trous qui font un micron de diamètre.

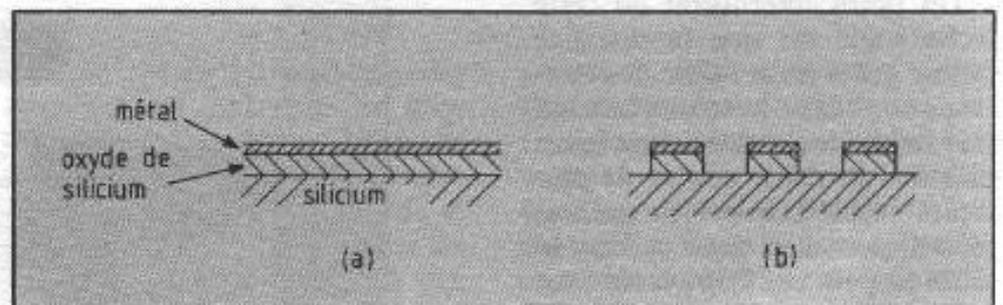


Fig. 3 : Premières étapes de la fabrication des micro-pointes.

Pour résoudre ce problème, C. Spindt a utilisé une technique d'évaporation de deux métaux simultanément. Le premier évaporateur est perpendiculaire à la surface, tandis que le second fait un angle de 15° environ avec la surface. Par ailleurs, la plaquette tourne sur elle-même pendant le dépôt, comme indiqué sur la figure 4a. Au début de l'évaporation, les ouvertures sont entièrement dégagées, et le premier évaporateur dépose le métal au fond des trous. Simultanément, le deuxième évaporateur dépose du métal à l'orifice et petit à petit le referme, figure 4b. Au fur et à mesure que l'orifice se referme, la surface recouverte par le premier évaporateur décroît, et le dépôt forme une pointe. Lorsque l'orifice est entièrement bouché, figure 4c, la pointe est constituée. Il ne reste plus qu'à enlever par une attaque chimique appropriée le métal déposé par le deuxième évaporateur. On se trouve alors avec la configuration de la figure 4d, c'est-à-dire avec des pointes métalliques centrées dans leur logement et ayant chacune une grille parfaitement positionnée avec une précision d'une fraction de micron !

C'est avec cette technologie que C. Spindt a réussi à fabriquer des cathodes froides comprenant plusieurs milliers de pointes, séparées les unes des autres de 12 microns. Certaines fonctionnent sans interruption depuis plus de quinze ans ! La figure 5 montre un tel ensemble de micro pointes.

Un point intéressant de cette technologie est que la distance pointe grille étant faible, les électrons sont émis avec une tension très faible de l'ordre de quelques dizaines de volts, au lieu de plusieurs milliers avec les pointes métalliques, car dans ce cas, la grille ne peut pas être placée avec précision près de la pointe.

Comment se fait-il que ces sources puissent avoir une telle durée de vie, alors que nous

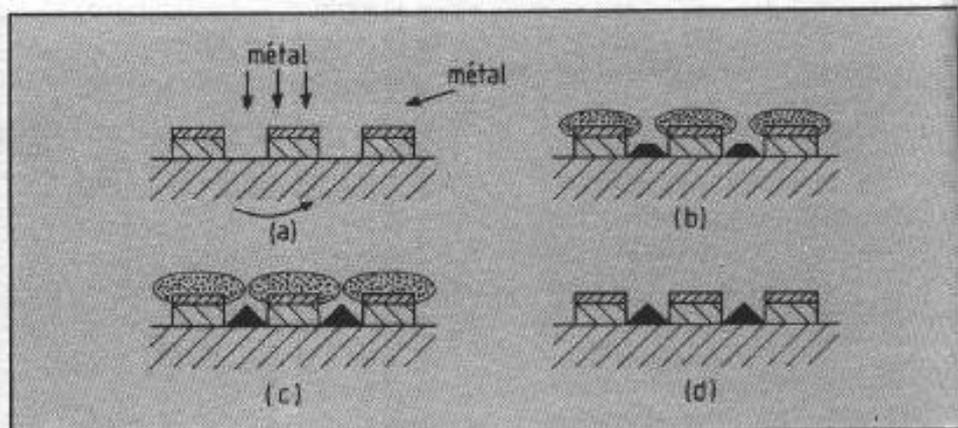


Fig. 4 : Fabrication des micro-pointes.

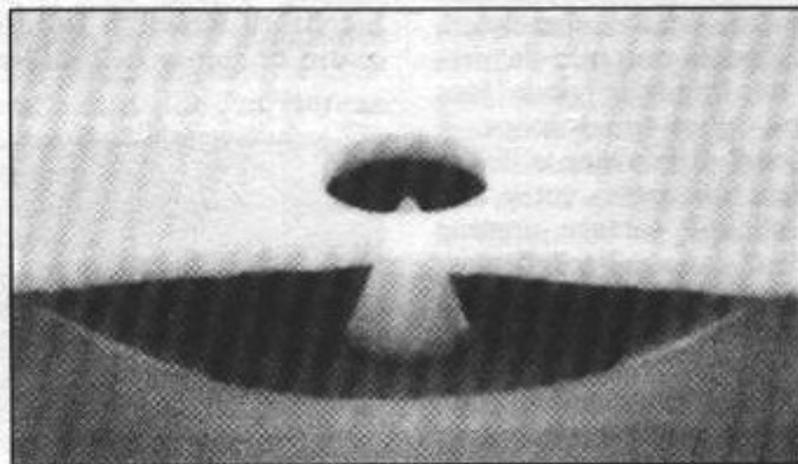
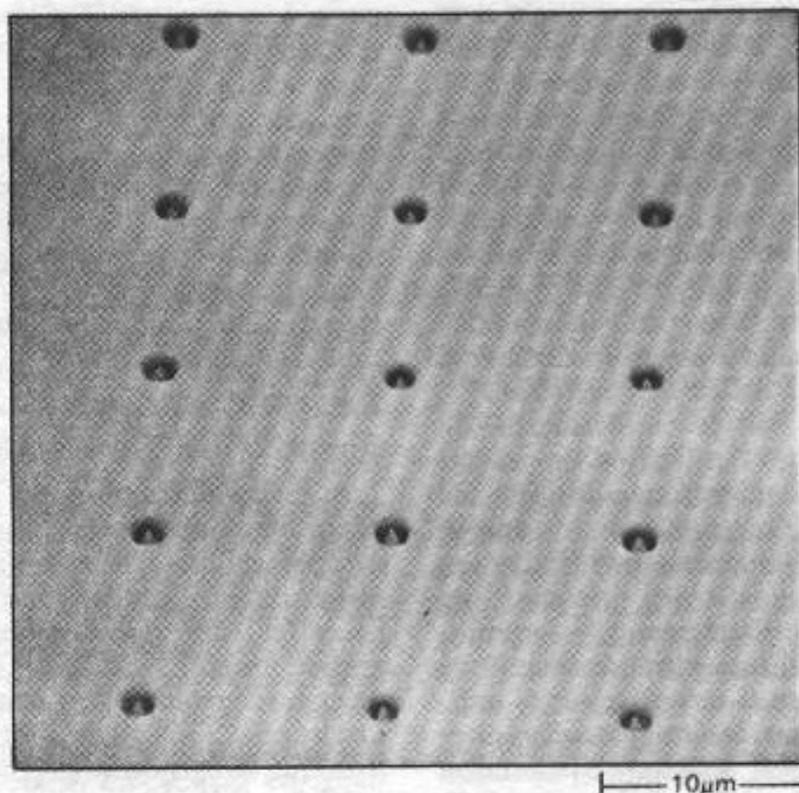


Fig. 5 : Ensemble de pointes réalisées par C. Spindt et vue de détail d'une pointe (sa base a un diamètre de $1 \mu\text{m}$!) et de la grille.

avons vu qu'il fallait un vide draconien pour assurer leur fonctionnement ?

En fait, ces cathodes ne devraient pas fonctionner si on utilisait les critères décrits plus haut de rayon de courbure, car de toute évidence, le leur est très grand. Des mesures de courant en fonction de la tension appliquée sur la grille d'extraction ont permis de déterminer la courbure effective de la partie de la pointe émettrice d'électrons. Il s'est avéré que son rayon était voisin des dimensions d'un atome ! Ceci indique que ce n'est pas la pointe globalement qui émet les électrons, mais des aspérités atomiques présentes à la surface. Par conséquent, la source réelle des électrons peut très bien varier au cours du temps, mais globalement, il y a toujours émission. Le fait d'utiliser une grande quantité de pointes moyenne le courant global et le rend stable. Cette découverte est primordiale dans le développement des cathodes froides.

Depuis d'autres techniques ont été développées, en particulier par Henry Gray du Naval Research Laboratory à Washington D.C., qui utilise les techniques modernes de gravure du silicium, mais les pointes de Spindt restent les plus intéressantes, en particulier elles ne nécessitent pas obligatoirement l'utilisation d'un substrat de silicium, qu'il n'emploie que par commodité.

Les microtriodes

Une des applications les plus évidentes de ces micropointes est la réalisation de microtriodes. La figure 6 donne deux possibilités parmi d'autres de réaliser ces dispositifs. La figure 6a montre une structure linéaire, et la figure 6b un modèle planaire.

Dans le mode linéaire, la pointe est évidemment la cathode, la grille est directement au-dessus et l'anode est située dessus cette dernière. Dans la

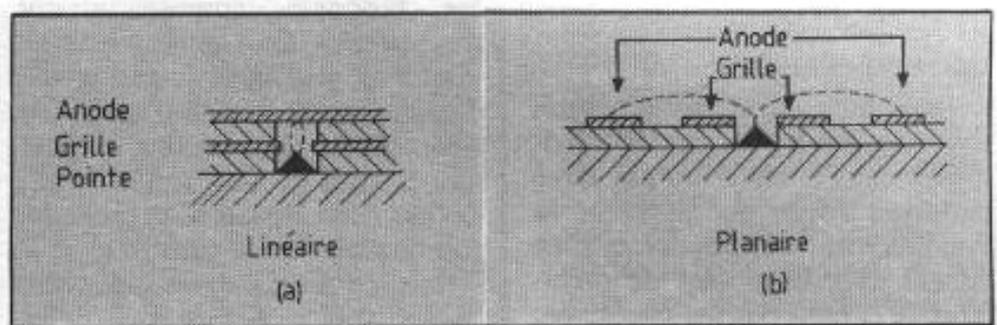


Fig. 6 : Deux modes de réalisation possible de micro-triodes.

conception planaire par contre, l'anode est sur la même surface que la grille, ce qui fait que les électrons émis par la pointe doivent monter et descendre par dessus la grille. On n'est d'ailleurs pas obligé de garder la symétrie cylindrique de la structure linéaire. On pourrait avoir des lignes au lieu de pointes, avec une forme de toit. Grille et anode seraient alors des lignes au lieu de cercles. La figure 7 donne une vue d'un tel système.

Les avantages de ces micro-triodes sont de plusieurs ordres :

a) Amplificateurs à gain élevé et fréquence élevée.

En effet, ce qui limite la fréquence de coupure (fréquence maximale admissible) d'un transistor de quelque nature que ce soit, c'est le temps que mettent les électrons pour traverser la grille du transistor. Ce temps est d'autant plus court que la grille est étroite, et que la mobilité des électrons est grande.

Actuellement, on arrive à fabriquer des transistors silicium avec des grilles inférieures au

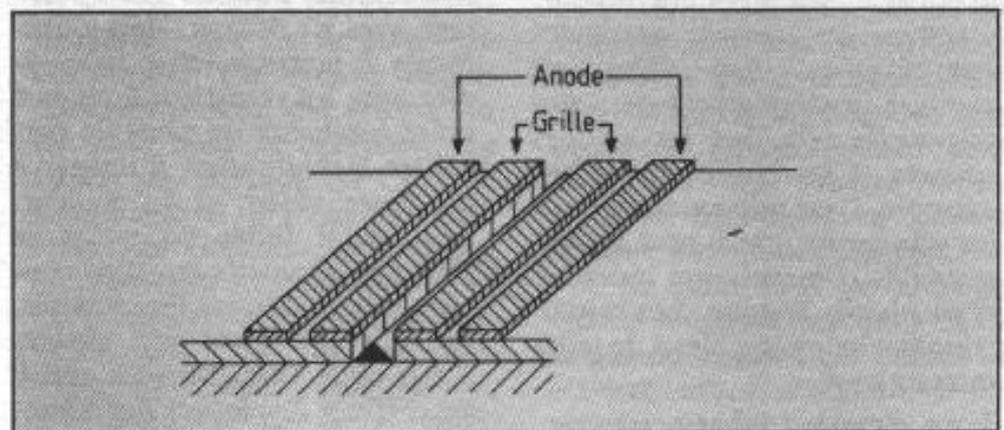


Fig. 7 : Structure de diode avec cathode en forme de toit.

micron. Mais la mobilité des électrons est plus grande avec l'arséniure de gallium. De toute manière, les électrons se déplacent dans un matériau solide et les collisions avec les atomes du réseau limitent la mobilité des électrons. Dans le vide, il n'y a plus de telles collisions, et les électrons se déplacent sans frottement. On pourrait comparer

cela à la chute des corps dans l'air et dans le vide. Dans l'air, le frottement limite la chute des corps à une vitesse maximale, dans le vide il n'y a pas de vitesse maximale. En pratique, on envisage des amplificateurs pouvant fonctionner à plus de 1000 GHz ! Ce qui est au moins 10 fois plus qu'avec les circuits à l'arséniure de gallium.

b) Bonne tenue en température.

Dans un élément semiconducteur, ce sont les impuretés introduites dans le matériau pur dans certaines zones qui assurent la conductivité. Ces impuretés sont dosées avec beaucoup de précision. Si la température est élevée, l'agitation thermique fait diffuser les impuretés des zones à forte concentration vers celles à faible concentration. Il n'y a plus de barrière entre régions dopées différemment, et le circuit est hors d'usage. Ici par contre, les matériaux utilisés sont de composition bien définie, cet effet n'existe pas.

c) Bonne tenue aux radiations.

Les éléments semiconducteurs fonctionnent par création de paires électrons-trous qui se déplacent sous l'effet du champ électrique. Malheureusement, de telles paires peuvent se créer par interaction d'ondes électromagnétiques indésirées, rayons X, Gamma ou autres particules énergétiques. Cet effet est exploité favorablement dans des dispositifs tels que les cellules solaires et les photo-diodes par exemple. Il est une nuisance dans les transistors, car il peut provoquer une commutation indésirée d'un niveau logique. Les microtriodes sont insensibles à de telles interactions.

Les écrans plats

Depuis 20 ans, nous savons que dans 3 ou 5 ans, les écrans plats seront une réalité, que nous n'aurons plus ce meuble monstrueux qui gâche notre salon. Nous accrocherons au mur ce qui ressemblera à un cadre, et l'image apparaîtra avec la résolution d'un écran de cinéma, et la luminosité d'un tube cathodique ! Peut-être dira-t-on toujours cela dans 20 ans ! Il est difficile de savoir. Certes, depuis quelques années, principalement

les Japonais, commercialisent des petits téléviseurs portatifs couleurs, et nous annoncent régulièrement la réalisation de prototypes de grandes dimensions. Mais ce n'est toujours pas la télévision de salon, et on en est loin encore. Pourquoi ?

Les techniques utilisées sont en fait soit les écrans à plasmas, soit à cristaux liquides. Le premier a l'avantage de la luminosité, car se sont des électrons créés dans un plasma qui sont accélérés et produisent sur l'écran fluorescent un point lumineux comme dans un tube cathodique classique. Il ont donc une bonne visibilité sans éclairage externe, et à tous les angles. Mais il est difficile de produire des niveaux de gris, car le plasma est soit allumé, soit éteint, un peu comme dans un tube néon, où on ne peut pas mettre un atténuateur d'intensité. C'est pour cela que les écrans plasma sont principalement utilisés en informatique, au moins quand on ne désire pas visualiser des images. Les cristaux liquides ont l'avantage avec les derniers développements à matrice active, c'est-à-dire avec un transistor à chaque point lumineux ou pixel de permettre la réalisation d'images à la vitesse vidéo, et en couleur. Leur point faible est qu'ils ne sont pas lumineux et qu'en conséquence ils doivent être éclairés. Ils sont également peu visibles sur le côté. Dans tous les cas, il est difficile de réaliser des écrans de grandes dimensions, car le rendement de fabrication chute très vite avec la taille des écrans. Ceci est dû au fait que le moindre défaut crée un point noir sur l'écran : le taux de défauts admissibles est très faible. Un autre problème est la connectique. Les écrans de télévision haute résolution de l'avenir auront au moins 1100 lignes et 1500 colonnes, ce qui veut dire pour un écran couleur, la liaison de près de 5000 fils ! Si un fil manque, il apparaîtra une ligne

ou une colonne noire, ce qui est inacceptable.

Dans un tube cathodique classique, un faisceau d'électrons produit dans un canon à électrons balaye la surface de l'écran fluorescent. L'intensité du faisceau est modulée, ce qui produit des points lumineux d'intensité variable. Il est tentant de remplacer ce système par un ensemble de micros canons à électrons, avec un ou plusieurs canons par point lumineux. On peut donc fabriquer un écran plat dans lequel il y aurait un ensemble de micro pointes avec leurs grilles associées. L'adressage pourrait se faire par un système matriciel ligne-colonne, les pointes étant par exemple reliées en ligne et les grilles en colonne. L'intensité pourrait être modulée en faisant varier la tension sur l'écran. Pour obtenir des images couleur, il suffirait de tripler le nombre de lignes ou de colonnes, et de mettre un écran avec des bandes fluorescentes alternativement rouges, vertes et bleues. La figure 8 montre un éclaté d'une telle structure.

Ce système d'écran de visualisation présente un certain nombre d'avantages : il est lumineux comme un tube cathodique traditionnel. Il possède une excellente résolution spatiale puisque les pointes ne font qu'un micron de diamètre, et que même un ensemble de plusieurs pointes sera de très petite dimension. Il utilise pour sa fabrication des techniques classiques de microélectronique. Par contre, le problème de la connectique n'est pas résolu. Il faut toujours autant de fils !

Une autre solution est possible en prenant avantage de la nature de cet écran. Il s'agit de l'adressage série au lieu de parallèle comme indiqué ci-dessus. Imaginons que chaque pointe soit placée sur un petit condensateur, et que chaque condensateur soit relié au précédent par un dispositif de transfert de charge que

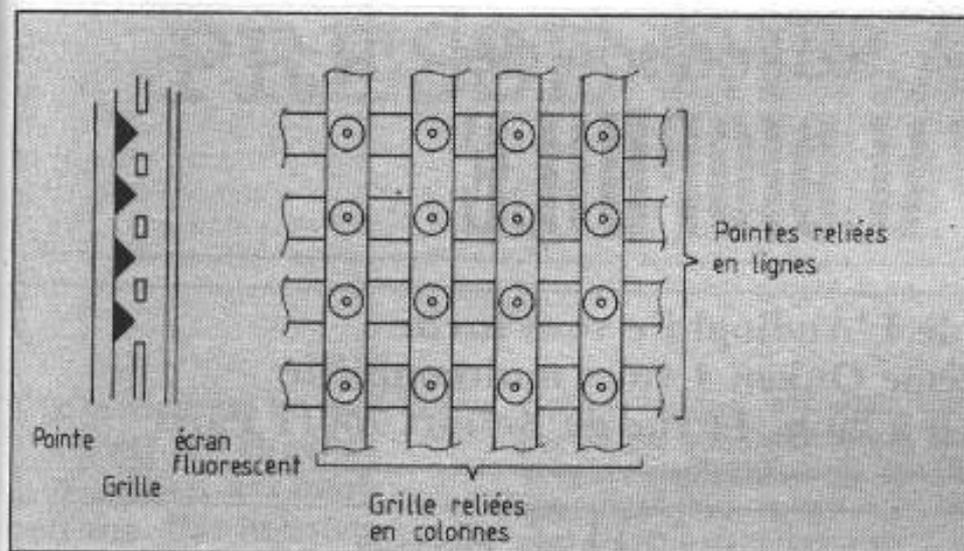


Fig. 8 : Ecran de télévision plat à pointes à émission de champ.

l'on trouve dans les caméras de télévision de type CCD. Dans ce schéma, les 5 millions de pointes sont reliées les unes aux autres en série, comme montré dans la figure 9.

Pour produire une image les charges sont transférées d'un condensateur à l'autre jusqu'à ce que chaque condensateur contienne la charge correspondant à l'intensité lumineuse désirée. Lorsque l'opération est terminée, les grilles, qui sont dans ce cas toutes reliées ensemble sont portées à un potentiel permettant l'extraction des électrons. L'image est formée dans son ensemble et non pas point par point comme dans un téléviseur standard. On s'approche d'une image cinéma où celle-ci apparaît d'un coup. Cette autre approche a d'autres avantages, le principal étant qu'avec la simplification extrême de la connectique, l'électronique est entièrement intégrée sur l'écran lui-même. Les bords de celui-ci sont donc libres. On peut alors imaginer construire des grands écrans en faisant un assemblage de petits écrans assemblés bout à bout comme un carrelage. Il est en effet beaucoup plus facile de fabriquer 10 petits écrans que de faire un écran 10 fois plus grand, pour à la fois des raisons techniques de dimension, mais surtout

pour un problème de rendement de fabrication.

Perspectives

Bien que les micro pointes soient connues depuis plus de 20 ans, il n'existe que très peu de réalisations industrielles. Seul S.R.I. commercialise des ensembles de plusieurs milliers de pointes pour des applications de recherche. Il n'y a pas eu encore de réalisation concrète au niveau des triodes. Par contre, depuis quelques années, des efforts ont été faits pour la télévision. Le LETI, une division du CEA, le Commissariat à l'Energie Atomique de Grenoble, a fabriqué un prototype d'écran plat noir et blanc entièrement scellé. Vidéo-color, une filiale de Thomson vient d'obtenir une licence d'exploitation de ce procédé. S.R.I. de son côté, a développé

un prototype couleur, mais installé dans un bati à vide, et sans électronique de commande. Les Soviétiques travaillent également sur ce même type d'affichage.

D'autres applications sont en vue, on pourrait rajouter des grilles supplémentaires, et fabriquer des micro canons à électrons focalisés. Récemment, C. Spindt a réussi à percer les cônes constituant les pointes, les trous ont un diamètre de l'ordre du dixième de micron ! En faisant circuler un gaz à travers ces cônes percés, on produit une source de gaz ionisés. Les applications des sources ioniques par émission de champ sont nombreuses. En spectrométrie de masse par exemple, les molécules organiques ionisées ainsi ne se brisent pas en une multitude de fragments comme cela se passe avec l'ionisation par impact électronique, au contraire un seul électron est extrait de la molécule, et le spectre d'une molécule même complexe, n'a qu'un seul pic facile à interpréter. Pour la propulsion spatiale ionique, ces systèmes sont très utiles, car ils n'utilisent pas d'élément chauffant. D'autres applications sont possibles en particulier pour constituer des sources d'ions étendues utilisables en gravure ionique des circuits intégrés.

C'est donc tout un nouveau champ d'application qui s'ouvre et qui demandera des années de travaux avant d'aboutir à des résultats concrets. Mais le potentiel est énorme.

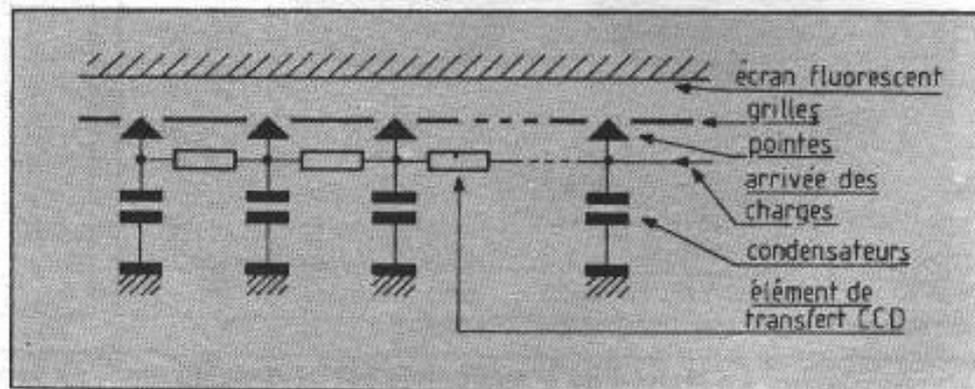


Fig. 9 : Montage avec adressage série des pointes.

**Page non
disponible**

PRESSE ETRANGERE

Jean Hiraga

Comportement en courant alternatif des circuits magnétiques des haut-parleurs. Par Messieurs Okabé, Omura, Kuramochi, du département de recherche sur les matériaux. Laboratoires Mitsubishi Diatone. Radio Gijutsu, octobre 1988

Les recherches effectuées jusqu'à présent sur les circuits magnétiques des haut-parleurs sont très nombreuses. La plupart d'entre-elles ont abouti à des structures classiques qui ont été dictées principalement par des considérations économiques : coût de revient, simplicité de fabrication, miniaturisation, poids et type d'aimant. Les premiers haut-parleurs électrodynamiques à cône ou à chambre de compression faisaient appel aux bobines d'excitation, aux électro-aimants. Une quantité plus ou moins importante de fil de cuivre émaillé était nécessaire pour réaliser ces bobinages qui avaient pour autres défauts de nécessiter une alimentation extérieure en courant continu parfaitement filtrée et de ne pas être très fiables (coupures possibles de la bobine d'excitation suite à échauffement prolongé).

Malgré la quantité de cuivre utilisée, cette solution est restée malgré tout moins onéreuse que celle utilisant les premiers aimants dits « permanents », lesquels ne l'étaient pas vraiment. Ce n'est qu'à partir de la

seconde guerre mondiale que l'on a pu mettre au point des aimants permanents de qualité qui, fabriqués en quantité de plus en plus importante remplacèrent peu à peu les bobines d'excitation. Les aimants « Ticonal » ou Alnico étaient cependant d'un prix élevé et tous les constructeurs tentèrent donc d'en tirer le meilleur parti en réalisant différents types de circuits magnétiques. On s'est vite rendu compte que les circuits concentrant le mieux le champ magnétique au niveau de l'entrefer devaient comporter un aimant central de structure anisotropique, c'est à dire orientée. La culasse du circuit magnétique devait être munie de bords arrondis et si possible être réalisée d'une seule pièce. On imagine la difficulté de réalisation d'un tel circuit ressemblant à une sorte de sphère creuse et aplatie, équipée d'un noyau et d'un aimant central de diamètre plus important que celui de l'entrefer. De tels circuits ont existé (c'était le cas notamment d'un haut-parleur anglais de marque Webber, conçu en 1930) mais leur construction a été abandonnée pour des questions de coût de revient et de difficulté de charge de l'aimant. Pour la structure à aimant central on a préféré adopter des principes qui sont devenus depuis des grands classiques. Ils comprenaient une plaque de champ, un aimant central, une couronne et une plaque dorsale. Sur ces culasses à aimant central on s'est d'autre part aperçu que pour obtenir des faibles pertes, les usinages des

pièces venant en contact devaient être très précis, faute de quoi il se produisait des entrefers ayant pour conséquence de faire chuter la concentration du champ magnétique de l'entrefer principal. Le cobalt, un des métaux composant ces aimants devint de plus en plus onéreux. C'est la découverte de l'aimant « ferrite », puis celle de sa disposition idéale dans le circuit magnétique qui fut à l'origine de la structure actuelle. C'est celle de l'aimant ferrite en couronne.

Rares sont toutefois les constructeurs qui ont conservé des proportions idéales pour l'aimant ferrite (celui-ci devrait être beaucoup plus large qu'épais). Et c'est peut-être pour des questions d'économies répétées sur des haut-parleurs récents et suite à plusieurs constatations qu'amateurs et ingénieurs ont fini par se poser la question suivante : « l'aimant Alnico est-il vraiment supérieur sur tous les points à l'aimant ferrite ? » Différentes mesures semblent l'avoir prouvé mais les constructeurs se sont bien gardés d'en parler sauf, comme par hasard, ceux qui réservaient les circuits magnétiques à aimant central en Alnico à leurs haut-parleurs de haut de gamme.

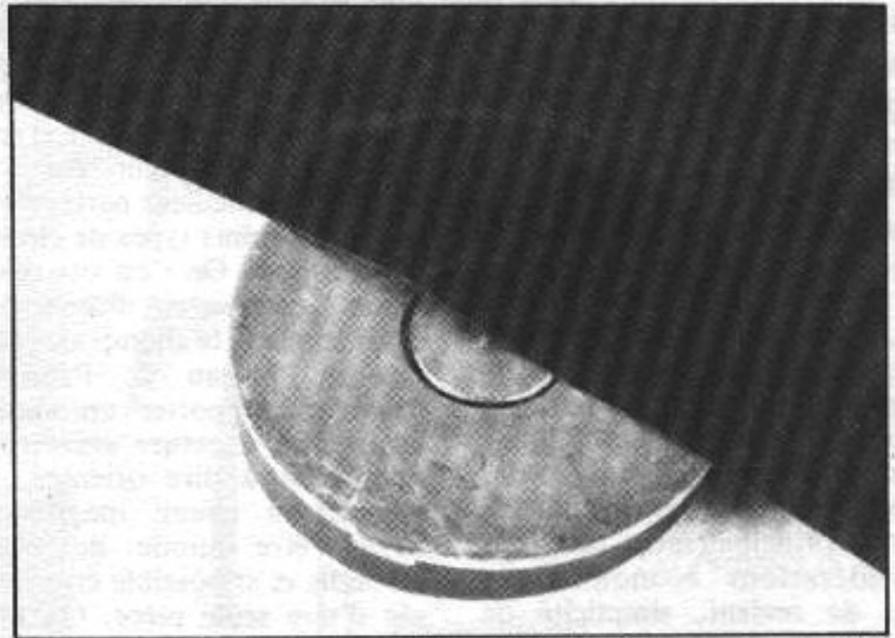
L'article publié en octobre 1988 dans la revue japonaise Radio Gijutsu par trois ingénieurs du département de recherches sur les matériaux de la firme Mitsubishi est digne du plus haut intérêt. C'est la première fois, du moins à notre connaissance, qu'il est question à la fois de différents types de circuits magné-

ques et d'aimants et du comportement de ceux-ci en courant alternatif, c'est-à-dire dans des conditions normales de fonctionnement. Jusqu'ici, les études théoriques du haut-parleur étaient basées sur des valeurs stables des différents paramètres du circuit magnétique. Sur le plan statique, en courant continu, on a pu mettre en évidence l'importance plus ou moins grande des champs de fuite et « se faire une idée » de la disposition interne des lignes de force à partir de la mesure de la forme et de la répartition des champs de fuite externes d'un circuit magnétique. La méthode la plus connue consiste à utiliser du papier saupoudré de limaille de fer. En faisant vibrer le support, les limailles aimantées s'attirent pour former des chaînes représentant les lignes de force. Cette expérience fait partie des premières leçons de physique dans ce domaine. Cependant, on connaît les limites de ce procédé empirique. En effet, la mesure manque de précision et ne peut s'effectuer que sur un plan à la fois. La précision et la sensibilité de la mesure diminuent dès que l'on passe à des champs faibles. D'autre part, la représentation de « lignes de forces parallèles » est fictive. Elle n'est que le résultat de l'interaction du champ magnétique avec des particules ferro-magnétiques de calibre donné. Si ces particules sont grosses et de forme allongées par exemple, les particules formeront des chaînons plus espacés qu'à partir de particules plus fines. Pour des champs faibles, le seul fait de placer des limailles sur un plan suffit pour introduire une erreur de mesure due à la modification des lignes de force (les limailles produisant une sorte de court-circuit magnétique partiel). Le Gaussmètre lui, utilise une sonde qui effectue une mesure ponctuelle à partir de laquelle il reste difficile d'établir une « carte géographique » de

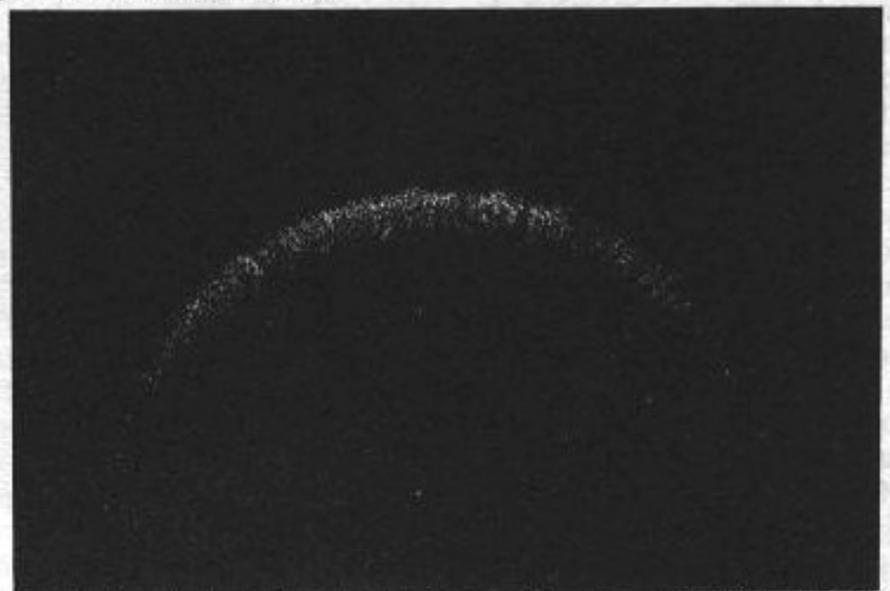
l'état magnétique d'un circuit. Dans tous ces cas de figure, la définition du tracé des lignes de force est mauvaise et il reste impossible de visualiser les lignes de force à l'intérieur même d'un circuit magnétique. Pour ce qui concerne la définition, il est possible d'améliorer celle-ci en utilisant soit des films plastiques spéciaux (3 M, Magnetic Papers, etc.), soit un « révélateur magnétique » (genre Siceront 1097 de

KF) dont les résultats sont représentés sur la figure 1. Le « papier magnétique » a pour avantage de procurer une définition supérieure à celle de la limaille de fer, les « lignes de force » devenant ici un vrai dégradé de teintes correspondant exactement aux variations du champ magnétique. Le révélateur magnétique présente par contre l'avantage de créer graphiquement des lignes de force dont l'aspect et le degré

Fig. 1 : Visualisation du champ magnétique soit à l'aide de films plastiques spéciaux, soit à l'aide de révélateur magnétique. (Photos J.H.)



A. Visualisation du champ magnétique à l'aide de « papier magnétique » (Magnetic Papers). Le champ apparaît non pas sous forme de lignes, mais de dégradé de teintes blanches.



B. Visualisation de l'entrefer du circuit magnétique représenté en A, à l'aide de révélateur magnétique (KF 1097). Les particules magnétiques, extrêmement fines, s'agglutinent pour former des chaînons, l'avantage étant la mise en évidence d'un champ de fuite en forme de demi-tore.

de définition produisent un effet tridimensionnel. On s'apercevra ainsi de la forme en demi-tore du champ de fuite de l'entrefer d'un circuit magnétique (photo B de la figure 1), tandis que le « papier magnétique » ne révèle que des dégradés de teintes blanchâtres, avec une très bonne définition sur les entrefers étroits mais sans apparition de « lignes de force ».

Grâce à de nouvelles méthodes de mesure assistées par ordinateur (sur lesquelles il n'est donné aucun détail) les ingénieurs Omura, Okabé et Kuramochi ont réussi à visualiser les trajectoires des lignes de force à l'intérieur même du circuit magnétique, ceci avec une très bonne précision. L'intérêt de cette mesure qui fait sans doute appel au scanner et à l'analyse de l'état magnétique « tranche par tranche » d'un aimant, d'une bobine excitatrice ou d'un circuit magnétique est qu'il n'est fait appel à aucune sonde et à aucune particule magnétique. Les problèmes d'inertie ne se posant pas, il devient possible de voir « ce qui se passe » à l'intérieur d'un circuit magnétique ou au niveau de son entrefer à l'état statique ou bien lorsque la bobine mobile est soumise soit à un courant continu, soit à la modulation d'un signal audio. Il faut pour cela connaître « la carte géographique » tridimensionnelle :

- du champ magnétique en courant continu produit par le circuit magnétique.

- du champ magnétique en courant alternatif produit par la bobine mobile.

Lorsque la bobine mobile (reliée au spider et à la membrane) plonge dans l'entrefer du circuit magnétique, elle se déplace dans un sens ou dans l'autre en « prenant appui » sur ce dernier. Or, c'est justement en « prenant appui » sur le circuit magnétique pour se déplacer dans un sens ou dans l'autre que

l'on a pu s'apercevoir que le circuit magnétique ne se comportait plus comme en courant continu. Les ingénieurs de la firme Mitsubishi ont réussi pour la première fois, du moins à notre connaissance, à visualiser les réactions du circuit magnétique et la modification des lignes de force d'un circuit magnétique « modulé » par le courant alternatif appliqué à une bobine mobile plongeant dans son entrefer.

L'article de ces trois ingénieurs est divisé en 4 parties : introduction, champ magnétique en courant continu produit par le circuit, champ magnétique en courant alternatif produit par la bobine mobile, comportement d'un circuit magnétique modulé par un courant alternatif appliqué à une bobine mobile plongeant dans son entrefer. La quatrième partie est la plus intéressante car on y trouve les « cartes magnétiques » de trois circuits différents, à savoir :

- circuit standard à aimant ferrite en forme de couronne

- circuit à aimant central Alnico
- circuit équipé d'un aimant ferrite en couronne et d'un second aimant placé en opposition à l'intérieur d'un blindage, de façon à réduire les champs de fuite.

Les états magnétiques de ces trois circuits sont représentés soit au « repos » en courant continu, soit en courant alternatif, aux fréquences de 100 Hz, 200 Hz et 1 kHz.

Ces trois circuits produisaient dans l'entrefer, de même largeur et de même hauteur (1,2 mm x 8 mm) la même induction, soit 1 Tesla (10 000 Gauss). Ils étaient équipés du même noyau (diamètre 36 mm).

L'aimant ferrite A mesurait 110 mm de diamètre, ceci pour un diamètre intérieur de 60 mm et une hauteur de 14 mm. L'aimant Alnico central B, de forme cylindrique mesurait 55 mm de diamètre pour 35 mm de hauteur. Les deux aimants

ferrite du circuit C mesuraient respectivement 90, 50, 15 mm ainsi que 80, 32 et 12 mm.

Le comportement en courant continu, puis en courant alternatif de ces trois circuits est représenté sur la figure 2. On remarquera tout d'abord qu'en courant continu, les lignes de force ne correspondent pas à ce que l'on pouvait supposer, ceci en particulier près de l'entrefer. Près de celui-ci, celles-ci ne sont pas parallèles mais ont tendance à fuir vers l'extérieur, là où il est facile d'évaluer les champs de fuite à l'aide d'un Gaussmètre. En appliquant aux bornes de la bobine mobile un courant continu plus important, ces lignes de force au niveau de l'entrefer tendent à fuir de façon encore plus marquée. En courant alternatif et comme on le voit sur la figure 2 les choses se compliquent. On constate tout d'abord, pour les trois circuits magnétiques, une sorte « d'effet de peau » assimilable à celui que l'on rencontre sur les câbles dans lesquels passe un courant à haute fréquence. En effet, on s'aperçoit que les lignes de force ont tendance à se concentrer près de la surface des pièces. Entre 100 Hz et 1 kHz on remarque également de fortes perturbations des lignes de force. De part et d'autre de l'entrefer, les lignes de force deviennent pratiquement parallèles mais à 90° par rapport à l'orientation idéale ! Il se produit, au niveau de l'entrefer vu en coupe, des lignes de force qui, au lieu de prendre l'aspect radial idéal forment une sorte de tore de section elliptique, ce qui réduit notablement la valeur du B_g (induction dans l'entrefer) qui devient ainsi ΔB_g car variant en fonction de la fréquence. Par ailleurs, il faut savoir que la présence de champs en opposition au niveau des contacts entre les spires et entre les couches de la bobine mobile (c'est un sujet important sur lequel on parle très peu) réduit la valeur du champ généré par la

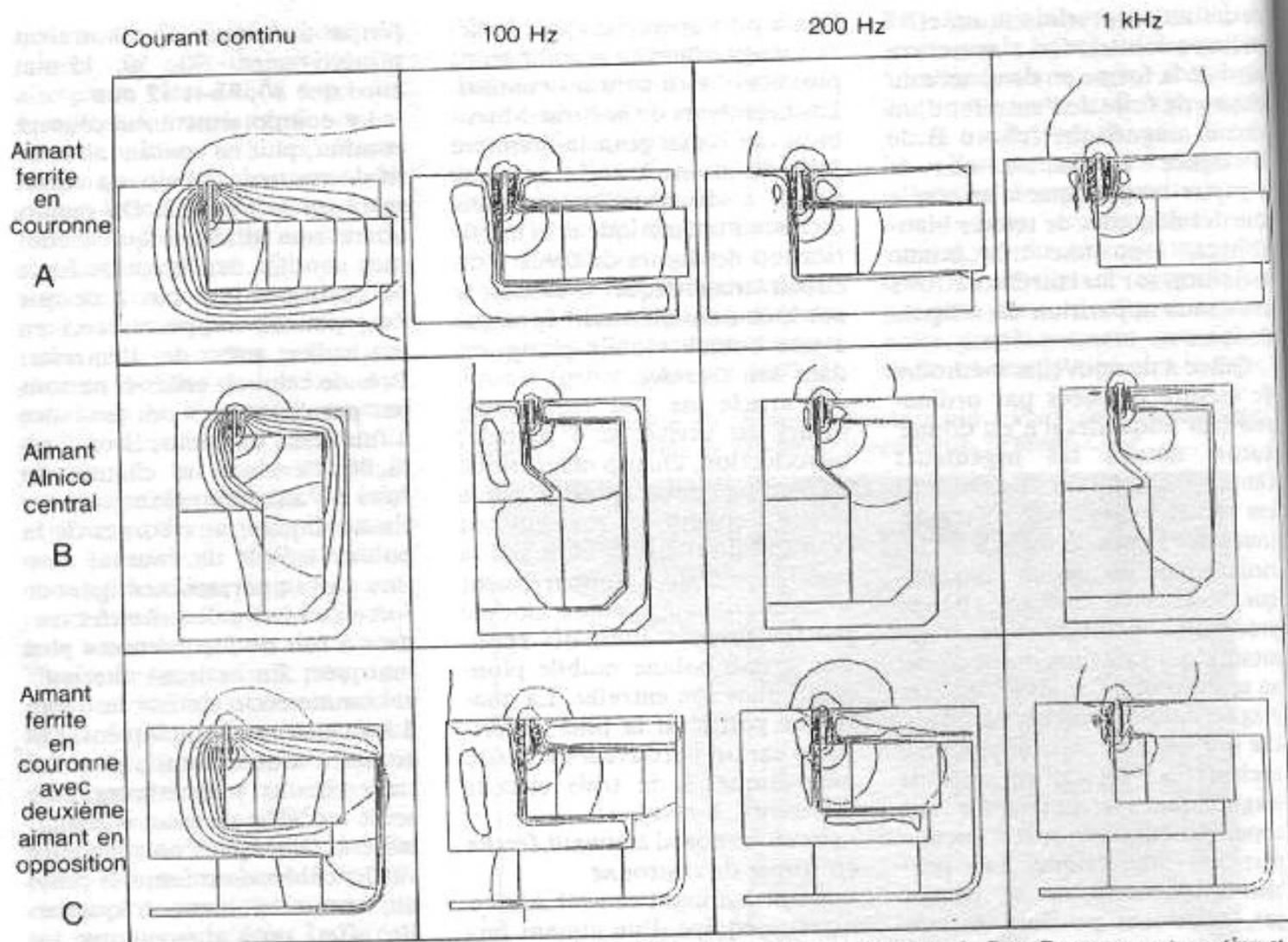


Fig. 2 : Aspect des lignes de force du champ magnétique à l'intérieur de trois circuits A, B et C en courant continu et aux fréquences de 100 Hz, 200 Hz et 1 kHz. (Mitsubishi/Diatone, Radio Gijutsu, octobre 1988).

bobine en fonction de la fréquence (tout en modifiant la forme des lignes de force produites par celle-ci). L'ensemble de ces paramètres a pour incidence une variation du champ magnétique en courant alternatif passant dans l'aimant (B_m), ce paramètre devenant en fait ΔB_m . Plus la valeur de ΔB_g augmente, plus le circuit magnétique devient instable. Plus ΔB_m augmente, plus le point de fonctionnement de l'aimant devient instable. Pour ces deux paramètres, il faut donc rechercher l'obtention de valeurs aussi faibles que possible.

Cette étude aboutit à la mise au point de la configuration C de

la figure 2 sur laquelle le noyau est coiffé, près de sa base, d'une bague de court-circuit en cuivre de 2 mm d'épaisseur et de 50 mm de hauteur. Les résultats de mesure ont montré que l'on obtenait ainsi une meilleure orientation des lignes de force dans l'entrefer, ceci malgré des lignes de force autour de l'entrefer conservant une allure de tore, comme on le voit sur la figure 3.

A partir de ces nouvelles méthodes de mesure, le département de recherche Mitsubishi Diatone pense développer de nouveaux types de circuits magnétiques et de nouveaux types d'aimants.

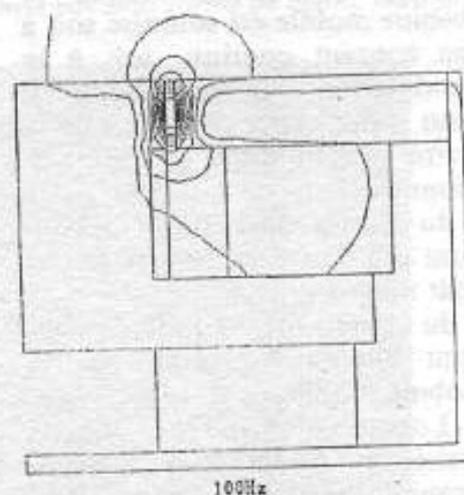


Fig. 3 : Circuit magnétique à double aimant ferrite (C) sur lequel est ajouté une bague de court-circuit (à la base du noyau). On remarque une meilleure orientation des lignes de force dans l'entrefer, ceci malgré leur tendance à former un tore à section elliptique.

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**



Avril 1989

LES MUSES D'OR

Au DAT Nakamichi 1000

Gérard Chrétien



*our notre précédent numéro, les Muses d'Or étaient restées dans leur étui...
faute d'unanimité de notre jury
face aux produits qui lui étaient proposés.*

*Le Nakamichi 1000 auquel nous décernons notre distinction dans ce numéro
a remporté quant à lui tous les suffrages.*

*Au-delà du simple produit, il y a l'engagement d'un homme,
Niro Nakamichi qui s'est investi pleinement dans le projet.*

Le DAT Nakamichi 1000 symbolise parfaitement

ce que le perfectionnisme audiophile, en fuyant tout compromis, peut permettre d'atteindre.

*Qui plus est il préfigure une nouvelle génération de produits
à très haute technologie spécifiquement pensé pour la restitution musicale.*

Nous souhaitons vivement qu'il fasse école...

L'électronique audio, longtemps considérée comme un parent pauvre face à des secteurs de l'électronique jugés beaucoup plus nobles, tels l'instrumentation, l'aérospatiale, l'informatique, les télécommunications, le militaire... a été délaissée par la plupart des structures industrielles occidentales durant ces 20 dernières années. Le Japon s'est investi avec une énergie considérable dans ce domaine et a conquis tout naturellement le marché. Et puis le numérique, au début de la décennie, a commencé à s'immiscer dans le traitement du signal musical. Bien après, il faut le noter, avoir conquis les autres secteurs. Cela à cause d'exigences toutes particulières à la haute-fidélité liées à une très grande largeur de bande de fréquence — 10 octaves —, à une excursion dynamique impressionnante — plus de 90 dB —, alliées à une transmission de 99,99 % de l'information... faisant de l'audio un domaine draconien en termes de traitement du signal.

Certes, l'arrivée du numérique a dérangé voire inquiété les plus exigeants. A juste titre d'ailleurs, les normes fixées quant à la fréquence d'échantillonnage et au nombre de bits semblaient terriblement limitatives en regard de ce que la technologie numérique pouvait offrir, les convertisseurs, en particulier, dans des secteurs très avancés où les notions de coût étaient d'un tout autre ordre et les enjeux bien au-delà du grand public et de l'amateur de musique. L'on pouvait craindre que seuls les sous-produits de ces activités, autrement stratégiques, ne soient utilisables en audio pour des considérations tout simplement pécuniaires. Le CD, par une diffusion spectaculaire a permis une rentabilisation extrêmement rapide de la technique numérique appliquée à l'audio. Mieux, cela a permis le financement de recherches et de progrès qui font

qu'en l'espace de moins de dix ans l'audio-numérique a acquis une maturité telle que les secteurs « nobles » évoqués plus haut, lui envie. Le CD ROM en représente un exemple marquant.

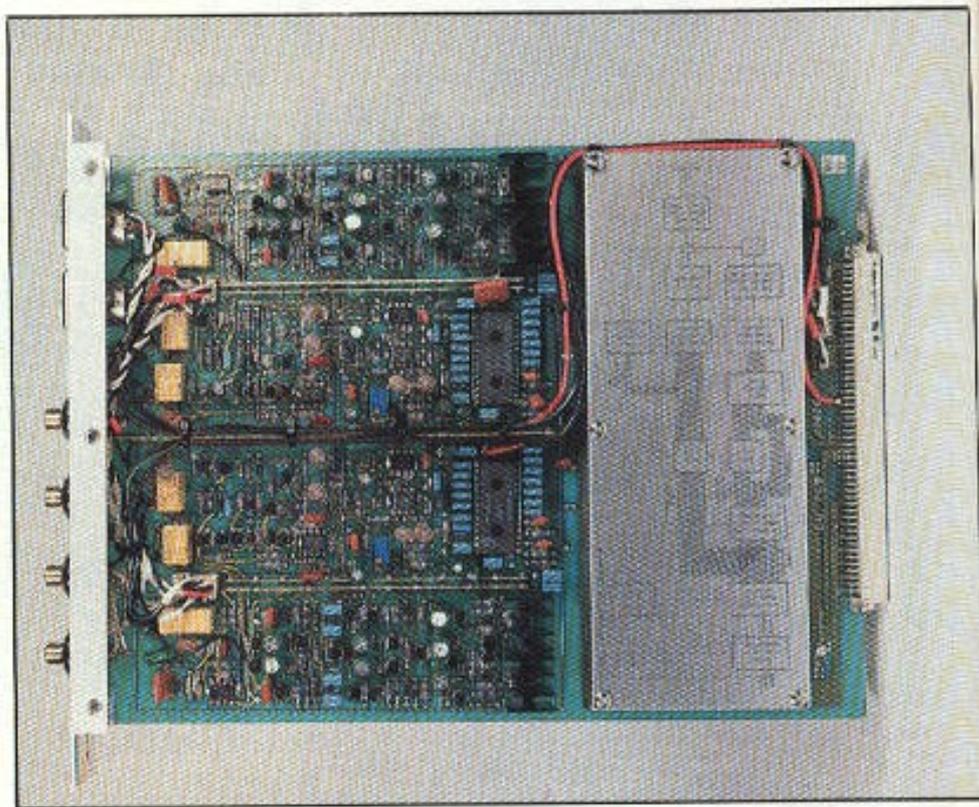
Il est indéniable que nous vivons un basculement de la hiérarchie des valeurs en électronique. Le « grand public » apporte désormais des solutions aux secteurs de pointe... Curieux retournement des choses !

Le DAT Nakamichi 1000 s'inscrit complètement dans cette évolution. Sans nul doute, il préfigure une nouvelle génération

d'Or ». Il symbolise parfaitement ce que le perfectionnisme audiophile, en fuyant les compromis, peut permettre d'atteindre.

Le DAT, sa situation

Certes, le DAT (Digital Audio Tape) n'en est qu'à ses balbutiements, la levée de bouclier des éditeurs de musique face à l'avènement de ce nouveau type d'enregistrement numérique a, semble-t-il, figé quelque peu les velléités exportatrices nippones. Le couperet d'une juridiction interdisant la copie en numéri-



de produits qu'il est encore difficile de définir. Sa conception et sa réalisation ne s'apparente pas directement à un produit audio, même de très haut de gamme. C'est un produit hybride qui évoque plus l'instrumentation ou l'informatique de très haut niveau. Ces performances, comme nous le verrons, tant en termes objectifs que subjectifs, placent incontestablement la barre au plus haut niveau. Voilà les raisons pour lesquelles nous lui avons décerné les « Muses

que direct du CD à une fréquence d'échantillonnage de 44,1 kHz a conduit à une première génération de DAT bridée (ID Code). La copie à 44,1 kHz subissant les affres de deux convertisseurs, numérique-analogique en sortie de lecteur CD et analogique-numérique en entrée de DAT, perdait tout intérêt. Seul, l'enregistrement direct à partir du microphone, pouvait motiver le recours au DAT et là, on touchait plus au marché professionnel qu'au domaine ama-

teur pour lequel la prise de son représente un part bien limitée et c'est dommage...

Novembre 88, Nakamichi annonce la sortie du Nakamichi 1000 Digital Audio Recording System. Il allait être le produit-phare du CES de Las Vegas de janvier dernier, en autorisant, sur la version US, la possibilité de copie d'un signal numérique échantillonné à 44,1 kHz, c'est-à-dire la copie en numérique d'un CD (rappelons que le veto des éditeurs de musique est à l'origine américain).

Cette décision a été pleinement mûrie. « Nous avons maintenu

entend bien fixer un nouveau standard de référence en matière d'enregistrement numérique comme il l'a fait pour la cassette analogique. C'est d'ailleurs le pourquoi de la reprise de la désignation 1000 utilisée par la société il y a 15 ans pour son lecteur cassette trois têtes, lequel a incontestablement participé à créer l'excellente image de la marque.

L'origine du projet remonte à 4 ans. Mené sous l'égide directe de Niro Nakamichi, il a constitué un effort de recherche et développement considérable. Des branches américaines de la

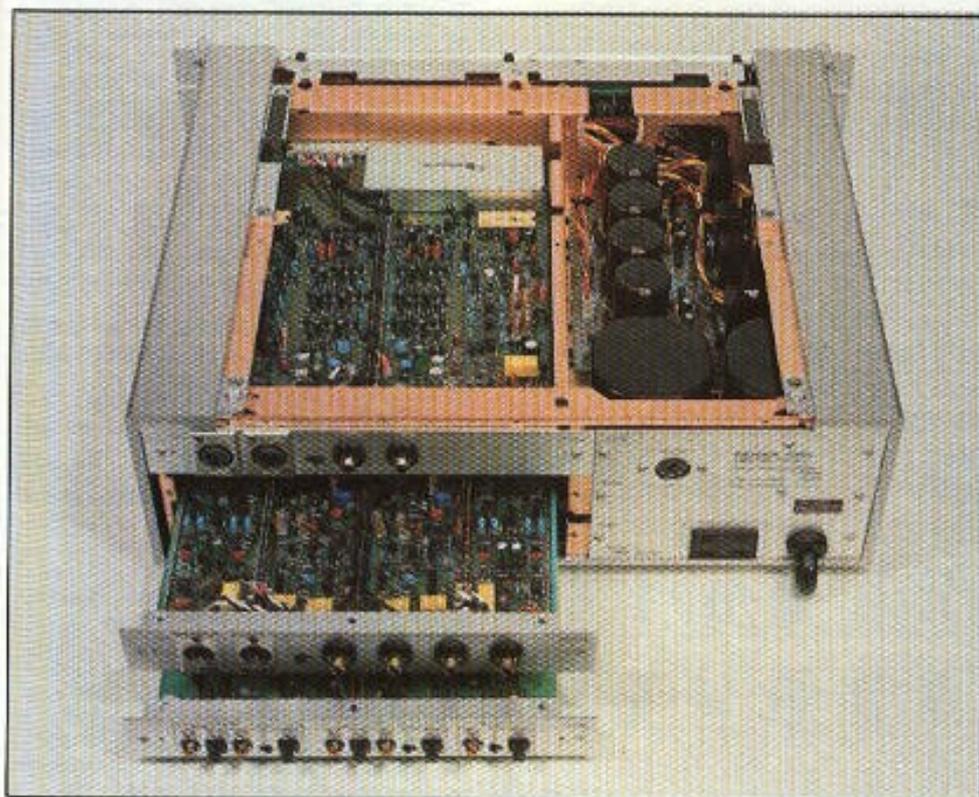
matras pouvant intervenir, Nakamichi a pensé le modèle 1000 dans un concept modulaire. L'architecture générale, comme nous le notions, évoque un produit d'instrumentation avec de grandes cartes enfichables pour chacune des principales fonctions, autorisant ainsi une totale adaptabilité à des évolutions prochaines.

La conception en deux unités 1000 DAR pour le bloc enregistreur-lecteur et 1000 DAP pour le bloc convertisseur permet en outre l'acquisition du seul convertisseur pour être associé à un lecteur CD par exemple ou à un autre lecteur DAT. Le choix du design, la qualité des matériaux et de la fabrication mérite les plus grands éloges.

Le bloc enregistreur-lecteur 1000 DAR

L'enregistrement DAT découle directement des techniques développées en vidéo pour les magnétoscopes, le VCR (Video Cassette Recorder) en particulier. La fréquence élevée du signal à enregistrer conduit à utiliser un balayage hélicoïdal. Les têtes magnétiques sont montées sur un tambour tournant à très grande vitesse (2 000 tr/m) Cela conduit à un gain de vitesse considérable par rapport au défilement conventionnel de la bande. La vitesse d'enregistrement est de 3,133 m/s alors que le défilement de la bande n'est que de 8,15 mm/s.

Dans le format DAT, la largeur de piste enregistrée est seulement de 13,6 μ s et l'angle spécifique bande-tête est de 6° 22' 59,5'', le tambour faisant un angle de 8° par rapport à la base horizontale (fig. 1). On comprend aisément que le positionnement de la bande requiert donc une précision draconienne afin de lui donner l'inclinaison, tant en horizontal qu'en vertical, afin que l'angle bande-tête soit



un dialogue avec l'industrie de la musique parce que nous ne cherchons pas la confrontation » explique Niro Nakamichi... La rupture n'est donc pas consommée. Il ajoute : « Il ya aura des objections, j'espère. Mais quelles qu'en soient les conséquences, paralyser intentionnellement les capacités d'une telle machine était un compromis que tout simplement je ne pourrais accepter. »

L'enjeu pour Nakamichi est de taille. Avec le 1000, la firme

Caliper et Mounting Computer, spécialisées dans l'informatique (unité de sauvegarde à bande magnétique) ont collaboré à l'étude. Il est d'ailleurs certain que le DAT, avec ses capacités de stockage impressionnantes de près de 20 Gbits aura d'importants débouchés dans ce secteur. Il est fort probable que Nakamichi y trouvera un potentiel de rentabilisation non négligeable.

Face à la mouvance technologique et aux évolutions de for-

respecté. Toute déviation sur ce paramètre critique entraîne une déformation du signal haute fréquence et par voie de conséquence un risque de taux d'erreurs accru dans le signal numérique.

L'hyper-précision du guidage de bande

Dans le DAT conventionnel, la mécanique reste apparentée à celle du format vidéo 8 mm dérivé du VCR. Deux bras de chargement permettent d'extraire la bande hors de son boîtier afin de venir la positionner sur le tambour (fig. 2). Une broche d'inclinaison fixée sur chacun de ces deux bras mobiles assurent le positionnement angulaire de la bande vis-à-vis du tambour. Pour Nakamichi, le fait de confier le guidage à des pièces mobiles n'était pas satisfaisant (vibrations, tenue dans le temps...). Pour cela un nouveau mécanisme a été mis au point. Dénommé FAST (Fast Access Stationary Tape Guide Transport), il repose sur l'utilisation

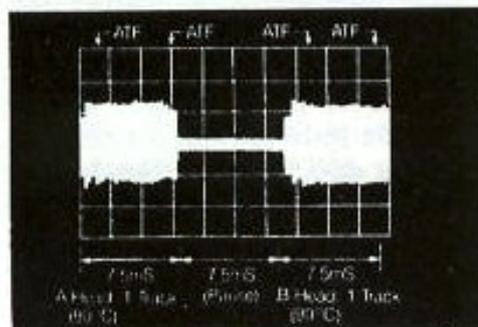
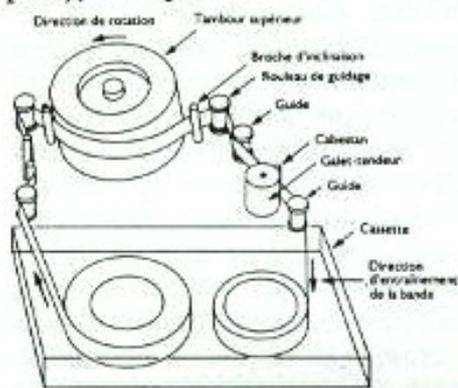
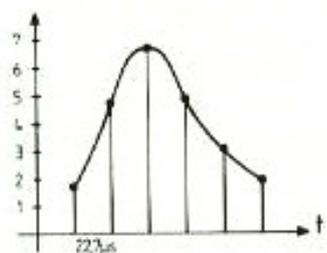
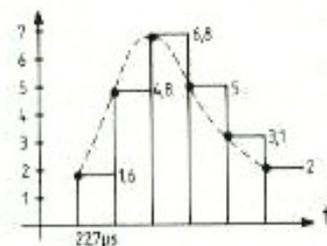


Fig. 1 : Principe du défilement de la bande sur les appareils R-DAT et forme du train d'onde haute fréquence restitué par les têtes magnétiques (« Les Magnétophones », Claude Gendre, Ed. Fréquences).

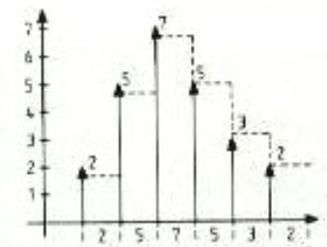
Encadré 1



①



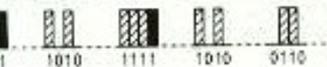
②



③



④



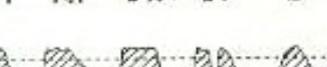
⑤



⑥



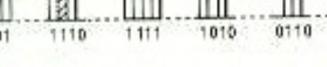
⑦



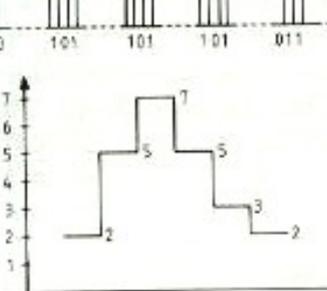
⑧



⑨



⑩



⑪

1. Échantillonnage : Des échantillons du signal analogique sont pris toutes les $22,7 \mu s$ ($t_e = \frac{1}{f_e} = \frac{1}{44 \cdot 100} = 22,7 \mu s$)

Dans le cas du CD et toutes les $2,08 \mu s$ dans le cas du DAT à 48 kHz.

2. Blocage : Signal échantillonné bloqué, l'amplitude de l'échantillon est conservée jusqu'à la détection de l'échantillon suivant.

3. Quantification : Chaque échantillon est amené à la valeur finie la plus proche. Dans notre exemple, 8 niveaux possibles de 0 à 7, l'écart par rapport à la valeur d'origine est appelé erreur de quantification.

4. Codage analogique-numérique : Chaque valeur quantifiée est codée en un mot binaire.

5. Code de correction d'erreur (ECC) : Dans notre exemple un bit de correction (bit de parité) est ajouté, il est la somme binaire ($1+1=0$, $1+0=1$) des trois bits. Dans le cas du CD, le codage utilisé est appelé CIRC (Cross Interleave Reed-Solomon Code).

6. Modulation : La modulation EFM (Eight to Fourteen Modulation) dans le cas du CD et ETM (Eight to Ten Modulation) dans le cas du DAT, consiste à augmenter le nombre de bits. Pour des raisons technologiques, le signal codé ne peut être enregistré tel quel. Ces types de modulations permettent une meilleure différenciation des bits 1 (des 0 sont ajoutés entre les 1 consécutifs). Un signal haute fréquence est modulé par le signal numérique ainsi modifié.

7. Lecture : Le signal haute fréquence modulé est entaché de déformations à la lecture du support (CD, bande).

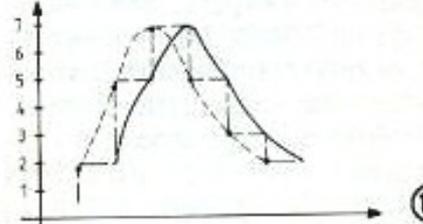
8. Démodulation-détection : Elle consiste à prélever l'enveloppe du signal modulé haute fréquence.

9. Remise en forme : Un « trigger » bascule sur les fronts montants et descendants pour reconstituer un signal numérique. Dans notre exemple, sur le deuxième mot, une erreur s'est glissée, le bit de correction ne correspond plus à la somme binaire des trois bits de signal ($1+1+1=1$ et non pas 0 comme l'indique le bit de parité).

10. Décodage : Le deuxième mot est corrigé par interpolation (valeur intermédiaire entre 2 et 7 avec $P=0 \rightarrow 5 = 101$). Le bit de correction d'erreur est enlevé et l'on retrouve des mots de trois bits.

11. Décodage numérique-analogique : Le convertisseur N/A attribue à chaque mot de trois bits la valeur analogique correspondante (à l'écart de quantification près).

12. Le filtrage : Le signal en marche d'escalier recueillie à la sortie du convertisseur est lissé. A noter que le sur-échantillonnage simplifie considérablement le filtrage (voir encadré).



⑫

: Les 12 étapes du traitement numérique d'un signal analogique. (Pour aider à la compréhension,

notre exemple ne prend en compte que 3 bits au lieu de 16).

de blocs de guidage fixes solidaires du châssis du tambour de tête et non pas du système de chargement (fig. 3). L'inclinaison donnée à la bande par chaque bloc de guidage dépend de 4 guides au lieu d'un seul dans le système VCR. Cette sophistication du guidage a été rendue possible par une reconsidération complète du transport de bande. En effet, l'utilisation de tels blocs de guidage sur la base du VCR est difficilement concevable, l'angle d'enroulement de la bande autour du tambour étant de près de 180°. Sur le DAT, cet angle est limité à 90° seulement, le tambour faisant 30 mm de diamètre.

Sur cette conception, la démarche de Nakamichi s'apparente à celle des fabricants de lecteurs CD très évolués qui apportent un soin extrême à l'élaboration de la mécanique de lecture afin de limiter autant que faire se peut l'intervention de la correction d'erreur sur le signal numérique. Toutes vibrations du support d'information, CD ou bande, engendrent à la lecture une déformation du signal modulé haute fréquence (voir encadré 1). Même si le traitement numérique autorise une excellente reconstitution du signal d'origine à partir d'un signal parasite, il y a toutefois toujours des erreurs... Eviter au maximum les déformations du signal haute fréquence est sans nul doute l'approche la plus rigoureuse pour garantir une qualité de restitution de haut niveau. C'est malheureusement une approche onéreuse car liée à la précision de la mécanique.

Chargement et rembobinage à haute vitesse

Ce raffinement mécanique n'est pas la seule caractéristique du procédé FAST. Le chargement de la cassette est de type « porte » comme dans un enregistreur cassette analogique. Les

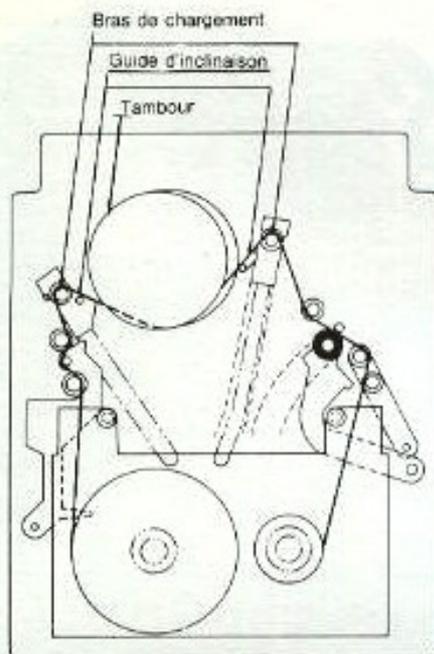


Fig. 2 : Système conventionnel de chargement DAT dérivé du VCR, les guides d'inclinaison sont solidaires de la partie mobile.

doigts de chargement de la bande, asservis par une électronique contrôlée par microprocesseur, assure une mise en fonctionnement d'une rapidité extrême en moins de 2 s. Cela, avec un silence, une sensation de précision et de douceur qui confèrent un confort tout particulier aux manipulations. Cette maîtrise mécanique est garantie d'une usure minimale, tant de la bande que des têtes sensibles aux variations brutales de tension et aux vibrations. D'autant qu'avec le DAT où une seule face de la bande est utilisée, les rembobinages sont indispensables. Le

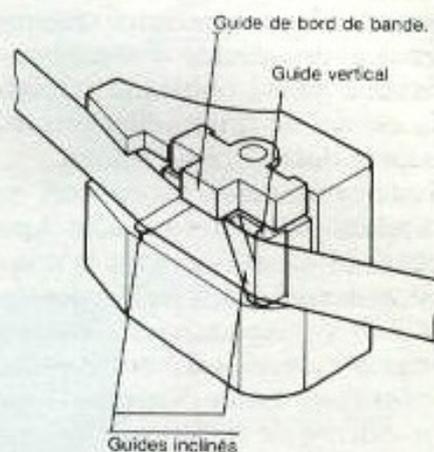
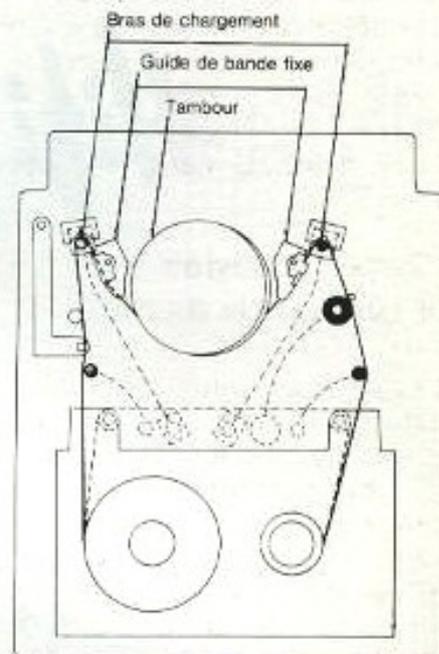


Fig. 3 : Le système FAST Nakamichi. Le positionnement de la bande sur le tambour est confié à deux blocs de guidage fixes.

système FAST apporte là aussi une innovation. Le rembobinage se fait dans une position de chargement intermédiaire, la bande



**Page non
disponible**

Le suréchantillonnage, pour quoi faire ?

La transmission d'informations digitales présente de grands avantages : des systèmes à l'intelligence limitée savent corriger des erreurs minimes de transmissions et restituer le signal original sans dégradation; on ne rencontre pas les problèmes du bruit et de la distorsion qui vont croissant dans une chaîne de transmission analogique. En revanche, des perturbations importantes sont catastrophiques : un disque numérique abîmé est illisible alors qu'au milieu des mille crépitements d'une vieille cire, nous pouvons encore apprécier la magie d'un interprète depuis longtemps disparu. Le prix à payer pour bénéficier des avantages du digital est la digitalisation qui transforme le signal analogique en nombres par échantillonnage (quantification temporelle) par quantification du niveau (voir la fig. a). Cette opération est une mutilation dont la gravité est fonction de la qualité de cette digitalisation : il faut se résoudre à un compromis entre la qualité d'informations digitales et la perte d'information analogique.

Mais une fois ce prix payé, qui permet une bonne transmission du message, pourquoi vouloir suréchantillonner, puisque les informations non-transmises sont perdues à tout jamais ? S'agit-il d'un gadget de plus, pour tromper un public ignorant et avide de progrès technique ?

En fait, le suréchantillonnage est une technique qui limite les nouvelles pertes d'informations lors de la reconstruction du signal analogique :

Pour retrouver ce signal, on dispose des informations numériques transmises (voir la fig. b) : la solution la plus simple est d'envoyer ces informations sur un convertisseur de précision égale à celle du codage : le signal alors obtenu (voir la fig. c) est entaché de deux défauts : le convertisseur introduit ses erreurs qui peuvent atteindre $\pm 1/2$ fois la résolution du convertisseur et on retrouve superposé au signal recherché un signal parasite qui est intermédiaire entre de la distorsion et du bruit et qu'on a l'habitude d'appeler « bruit de quantification ». Or, ce bruit de quantification contient beaucoup de signaux haute fréquence, en particulier à la fréquence d'échantillonnage et à ses fréquences multiples. Pour éliminer ces signaux ultra-sonores susceptibles de perturber gravement le fonctionnement des amplificateurs, on utilise des filtres (voir la fig. n°c). Mais comme la fréquence d'échantillonnage est proche de la limite supérieure de la bande audio, il faut utiliser des filtres actifs à pente très raide : ces filtres affectent le haut du spectre sonore, soit sur la phase, soit sur l'amplitude – en général on préfère sacrifier la phase, le respect de l'amplitude étant plus payant sur le plan commercial –, et sont en général conçus par des ingénieurs qui ne connaissent que les mesures classiques et qui utilisent force circuits intégrés dans des schémas scandaleux pour les audiophiles. Le suréchantillonnage est un moyen d'atténuer ce problème : en effet, si on augmente la résolution du convertisseur et la fréquence d'échantillonnage, on réduit l'amplitude et on augmente la fréquence de ces signaux indésirables, ce qui rend leur élimination plus aisée et moins dommageable pour les signaux audio.

Pour obtenir les valeurs numériques des échantillons manquants, on va tout simplement réaliser une interpolation entre les points transmis. La plus simple des interpolations est une interpolation linéaire (voir la fig. d). Mais on sait par traitement mathématique réaliser des interpolations d'un ordre supérieur (voir la fig. e). En effet l'interpolation linéaire consiste à trouver l'unique droite qui passe par deux points, l'interpolation d'ordre 2 consiste à trouver la seule fonction du second degré (la parabole) qui passe par trois points. L'interpolation d'ordre 3 recherche la fonction du troisième degré passant par quatre points et ainsi de suite...

En plus d'une interpolation d'ordre élevé, on peut tenir compte non pas du point transmis mais de la zone de tension à laquelle il correspond du fait de la quantification initiale (voir la fig. f) et obtenir la courbe la plus probable en fonction des échantillons transmis, cette courbe pouvant passer à côté de ces échantillons pour corriger des erreurs de quantification estimées (voir la fig. g). Une fois cette courbe calculée (ou plutôt ses échantillons), on peut commander avec ce « suréchantillonnage » un convertisseur plus précis et avec une fréquence d'échantillonnage supérieure. Le filtrage nécessaire peut alors être simple et de bon goût.

Le suréchantillonnage est donc un vrai progrès (les premiers lecteurs de compact-discs étaient donc perfectibles et loin de la perfection – prétendument théorique – que leur attribuaient leurs promoteurs et à laquelle les oreilles des audiophiles ne parvenaient pas à croire).

Héphaïstos

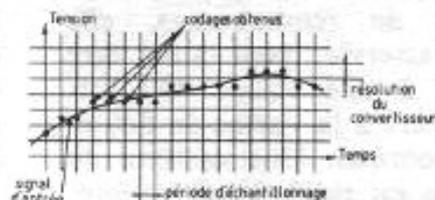


Fig. a : Codage initial (supposé sans erreur).

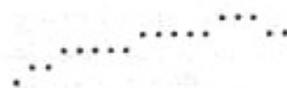


Fig. b : Informations transmises.

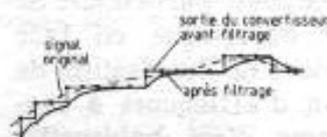


Fig. c : Traitement classique.

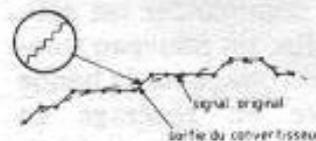


Fig. d : Résultat d'un suréchantillonnage à interpolation linéaire.

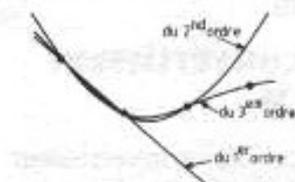


Fig. e : Différentes interpolations.

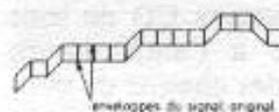


Fig. f : Prise en compte de la résolution du codage initial.

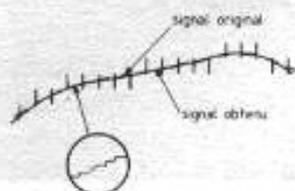


Fig. g : Résultat du suréchantillonnage.

est dégagée du tambour et n'est alors plus en contact qu'avec deux cylindres de guidage. La vitesse de rembobinage, elle aussi asservie, peut ainsi être portée à une valeur 400 fois supérieure à la vitesse de défilement normal. Une cassette de 120 mn est rembobinée entièrement en 23 s contre près d'une minute pour un DAT conventionnel.

Autre perfectionnement d'importance, un monitoring vrai est rendu possible par le tambour 4 têtes, comme c'est le cas dans un magnétophone 3 têtes analogique. C'est un « plus » indéniable.

La qualité toute particulière de l'affichage numérique en face avant provient de l'utilisation de leds et non d'afficheurs à segment comme c'est habituellement le cas. A noter qu'un circuit LSI (Large Scale Integration) a été spécialement développé pour commander cet affichage... Enfin, un nouveau standard de sous-codage sur la bande (ATS) offre un repérage en temps très précis de l'enregistrement et autorise la recherche automatique de la fin du dernier enregistrement.

Le bloc convertisseur 1000 DAP

L'incidence du convertisseur sur la qualité d'écoute n'est plus à prouver. Les progrès marquants de ces cinq dernières années des lecteurs CD ne sont pas étrangers à l'amélioration substantielle des circuits de conversion numérique-analogique (pour tirer entre autres pleinement partie du suréchantillonnage, voir l'encadré à ce sujet). La tendance actuelle est à l'augmentation du nombre de bits des convertisseurs, les modèles 20 bits ne sont plus rares désormais. Il faut toutefois préciser quelques points à ce niveau afin d'éviter toute confusion dans l'esprit du lecteur. Le standard retenu en audio-numérique

repose sur une quantification du signal analogique correspondant à une résolution de 16 bits, soit $2^{16} = 65\,536$ niveaux possibles échantillonnés à 48 kHz, 44,1 kHz ou 32 kHz. Alors pourquoi utiliser 20 bits pour la conversion numérique-analogique avec $2^{20} = 1\,048\,576$ niveaux, sachant qu'un tel nombre de niveaux n'existe pas après que le signal musical ait été numérisé. Cependant, pour profiter du réel apport du suréchantillonnage, 8 fois dans le cas du Nakamichi 1000, la précision du convertisseur N/A doit suivre. Un convertisseur 20 bits offre une précision bien supérieure. Pour clarifier les choses faisons un petit rappel : en 16 bits, le bit le plus significatif MSB indique si la valeur analogique se trouve entre les niveaux quantifiés 0-32 768 ou 32 769-65 536 ; pour que le bit de poids le plus faible soit significatif (l'intervalle relatif du LSB est 32 768 fois inférieur à celui du MSB), il faut que le MSB ait une précision de $1/65\,536 = 0,0015\%$ soit 96,3 dB. Avec un convertisseur 20 bits, la précision passe à 0,00009 %, soit 120,4 dB, ce qui représente un gain d'un facteur 16. Ce gain substantiel en précision s'accompagne d'une résolution supérieure et la définition sur les signaux de très faible amplitude est meilleure ainsi que le bruit et la distorsion, ce qui

permet d'exploiter pleinement l'apport du suréchantillonnage. L'évolution des performances audio est toujours passée, pour quelque maillon que ce soit, par la capacité de traiter au mieux les micro-informations. Il en va de même pour le convertisseur N/A.

Le convertisseur N/A 20 bits calibrés

Tout cela est bien séduisant mais le problème est que la micro-électronique actuelle ne propose pas encore couramment des convertisseurs intégrés de plus de 16 bits. Certains fabricants audio annonce des conversions 18 ou 20 bits en ajoutant des composants discrets au convertisseur de base 16 bits. Toutefois, on a tout lieu de se demander si la précision intrinsèque d'une telle conversion n'est pas limitée par celle inhérente au convertisseur 16 bits...

Pour son convertisseur 20 bits, Nakamichi utilise deux convertisseurs 16 bits Philips à faible « glitch » (voir encadré). L'un traite les 14 premiers bits de poids fort, le second les 6 autres bits. Le convertisseur traitant les 14 MSB est étalonné individuellement avec un convertisseur scientifique 22 bits, cela 10 fois afin de moyenner les erreurs. Les compensations qui en découlent sont stockées dans une mémoire morte (fig. 4). A notre connais-

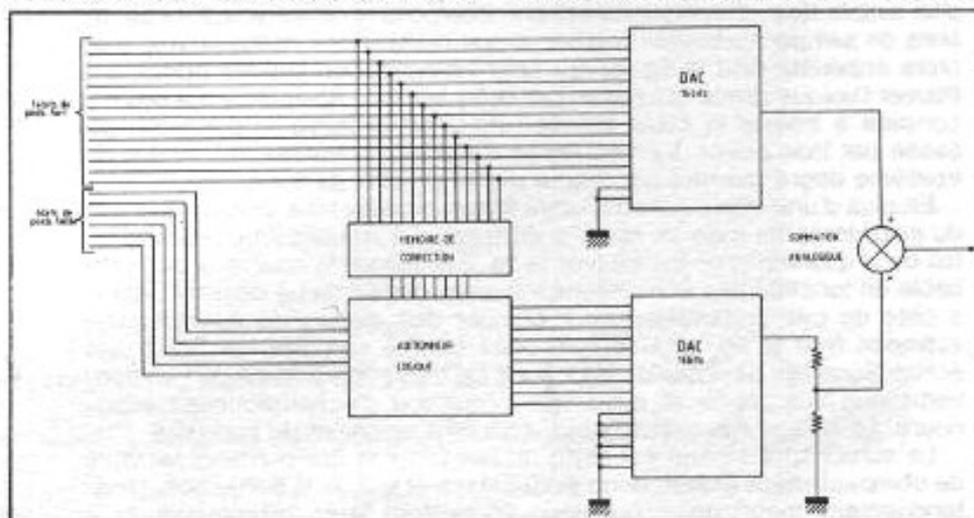


Fig. 4 : Schéma de principe du convertisseur N/A 20 bits calibré (voir encadré).

Les convertisseurs utilisés dans le Nakamichi 1000

Le convertisseur digital-analogique

Un des objectifs des concepteurs de cette partie du système a été l'élimination du « glitch » ; ce terme d'origine anglo-saxonne désigne les phénomènes transitoires qui accompagnent la commutation du mot d'entrée entre deux valeurs (voir la fig. a) ; il dépend du principe retenu pour le convertisseur et de la technologie utilisés, les différents commutateurs internes ne commutent pas nécessairement à la même vitesse et les effets de leurs commutations ne se propagent pas avec la même rapidité vers la sortie et il est surtout important lors des commutations des bits de poids élevés.

Une solution couramment utilisée pour masquer le glitch, outre le simple filtrage passe-bas, est l'utilisation d'une mémoire analogique appelée échantillonneur-bloqueur (sample-and-hold en anglais) qui mémorise le signal pendant la commutation (voir la fig. b).

Mais ici, cette solution n'a pas été retenue à cause des distorsions que le transistor à effet de champ et la capacité mémoire sont susceptibles de générer. Or, les convertisseurs utilisés couramment en audio seraient affligés de glitch non-négligeable. C'est pourquoi un convertisseur original de 20 bits de précision réalisé à partir de deux convertisseurs de seulement 16 bits de précision mais au glitch réduit, a été retenu. Son schéma est donné en fig. n° 4.

Les 14 premiers bits de poids fort commandent le premier convertisseur et une mémoire d'étalonnage dans laquelle ont été inscrites les erreurs de ce convertisseur : il suffit alors d'ajouter numériquement cette erreur aux 6 bits de poids faible et de commander avec le résultat le second convertisseur pour obtenir un signal qui, ajouté avec le bon coefficient au signal de sortie du premier, corrige ses erreurs et lui donne la résolution voulue (voir la fig. c).

Ici, malgré l'utilisation de convertisseurs présentant peu de glitch, celui-ci n'est plus négligeable quand on recherche une précision supplémentaire de 4 bits (soit de 16) et il est réduit, dans le Nakamichi 1000, par un circuit spécial qui délivre des impulsions de sens opposé pour le compenser.

Le convertisseur analogique-digital

D'après les explications données par le constructeur, on peut comprendre qu'un convertisseur à approximation successive amélioré (?) est utilisé sans échantillonneur-bloqueur. Le signal d'entrée est converti en charge puisque le convertisseur travaille avec des charges électriques.

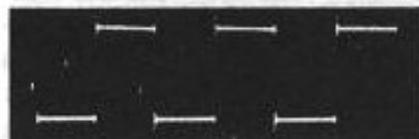
L'utilisation de charges au lieu de courants ou de tensions, permet un auto-étalonnage du système : en effet deux fois la charge du bit de poids le plus faible représentent la charge correspondant au bit suivant, deux fois la charge de ce bit... et ainsi de suite. Le convertisseur peut ainsi être étalonné avec la valeur du plus petit bit comme référence : il est alors très linéaire avec une légère imprécision sur le gain qui est sans importance.

Le problème du convertisseur analogique-numérique d'entrée était un problème difficile à résoudre : dans la chaîne numérique associée au compact-disc le convertisseur d'entrée fait partie d'un matériel professionnel réalisé en petite quantité et pour lequel les contraintes de prix ne sont pas aussi importantes que pour un matériel de plus large diffusion. Le problème auto-étalonnage retenu est une très bonne idée pour avoir un convertisseur de haute qualité dans les contraintes d'un équipement qui vise une diffusion importante.

Héphaïstos



Réponse des convertisseurs A/N et N/A du Nakamichi 1000 à un signal sinusoïdal de -70 dB à 23 kHz.



Réponse des convertisseurs A/N et N/A à un signal carré de 1 kHz.

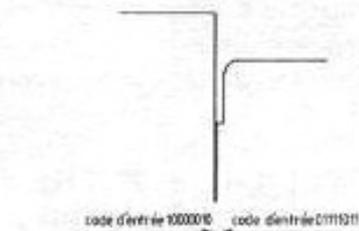


Fig. a : le glitch.

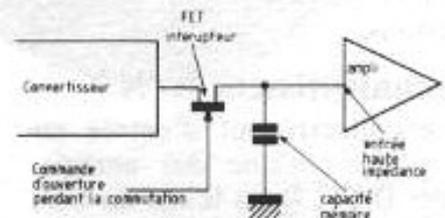


Fig. b : Utilisation d'un échantillonneur-bloqueur pour masquer le glitch.

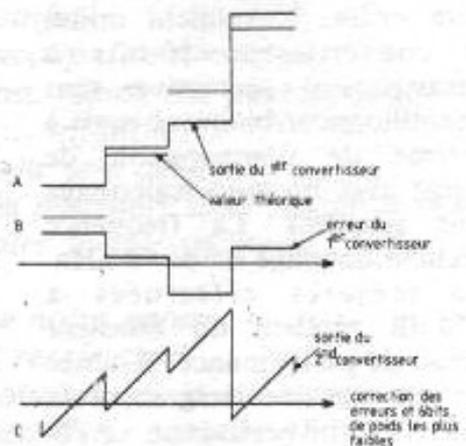
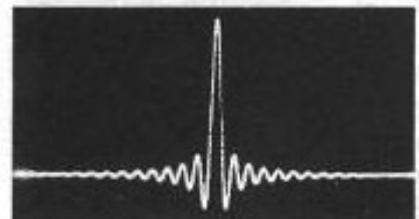


Fig. c : Fonctionnement du convertisseur 20 bits.



Réponse impulsionnelle du convertisseur numérique N/A.

sance c'est la première fois que ce type de raffinement est apporté dans le domaine audio. Le gain procuré par cette calibration au niveau de la distorsion est de 6 dB. Les fréquences d'échantillonnage traitées sont 48 kHz, 44,1 kHz et 32 kHz. Comme nous le verrons, les qualités subjectives de ce convertisseur N/A le placent incontestablement parmi les meilleures réalisations.

Le convertisseur A/N

Le convertisseur d'entrée est un point critique des enregistreurs DAT. Dans le cas du CD, ce convertisseur A/N fait partie de l'équipement professionnel des studios, aussi les contingences de coût sont-elles d'un tout autre ordre. Nakamichi utilise un convertisseur 16 bits à approximations successives, sans échantillonneur-bloqueur mais à système de comparaison de charge avec un auto-étalonnage (voir encadré). La fréquence d'échantillonnage est de 48 kHz. Les mesures effectuées à -70 dB révèlent un excellent niveau de performance. A noter que ces mesures intègrent à la fois le convertisseur A/N d'entrée et la convertisseur N/A de sortie avec toute la chaîne du traitement numérique du signal dont le suréchantillonnage. Les remarquables résultats révèlent une parfaite maîtrise de chacune des étapes de ce traitement.

Il est incontestable que la mise sur le marché de ce convertisseur A/N dans l'unité d'enregistrement répond à une attente de la part du secteur professionnel. En effet, la conversion A/N des équipements actuellement en exploitation ne semble pas faire l'unanimité. Reste pour Nakamichi à proposer rapidement des solutions pour interfacier son matériel aux équipements d'editing et de mastering (S-DIF). Pour l'amateur, il dispose là d'une machine hors pair pour réaliser des prises de son de la

plus haute qualité qu'autorisent les techniques numériques actuelles.

L'écoute

Le Nakamichi 1000, à la date où nous avons réalisé cette analyse, n'était pas encore disponible en France. Nous avons pu disposer d'un exemplaire expédié directement du Japon grâce aux interventions de MM. Zysman d'Hifa Fender France et Toyozumi, directeur de marketing Europe de Nakamichi. Après un examen détaillé de la réalisation et des choix technologiques retenus, nous avons procédé aux premières écoutes en commençant par des enregistrements en 44,1 kHz des CD que nous utilisons couramment dans nos tests.

Pour cela, nous avons utilisé le lecteur Kenwood DP 1100 SG (notre Muse d'Or dans L'Audioophile n° 1), sa sortie numérique étant reliée à l'entrée numérique du Nakamichi 1000. Lors de l'enregistrement, le monitoring nous permettait une comparaison immédiate. D'emblée, les qualités du convertisseur Nakamichi nous ont étonné par un très haut degré de transparence, une définition très poussée associée à une extrême fluidité des sons. Habituellement, avec le lecteur CD Kenwood DP 1100 SG, la perte du DPAC (voir notre n° 1) lorsque l'on utilise un convertisseur externe, nous a toujours fait préférer le convertisseur Kenwood. Pour la première fois, avec le Nakamichi 1000, un convertisseur séparé apportait un « plus » indéniable (à noter sur le Nakamichi 1000 une interface à double boucle de verrouillage de phase afin de contrôler toute fluctuation temporelle). La comparaison simultanée bande-source n'a permis à aucun moment de différencier l'écoute de la bande de celle du compact en direct. Après une écoute prolongée, les divers auditeurs ont convenu d'une légère tendance à un son chaud

par rapport à l'écoute en direct du Kenwood avec son propre convertisseur. Nous avons alors fait l'essai avec d'autres câbles de modulation et, à notre grande surprise, cette caractéristique a disparu. La différence marquante procurée par divers câbles de modulation révèle la neutralité extrême du Nakamichi 1000. Nous avons finalement fait des essais en liaison optique, c'est elle qui nous a procuré les meilleurs résultats.

En fait, il y a peu de choses à dire quant à l'écoute du Nakamichi 1000 !... Bien souvent, lors de l'écoute d'un matériel, on est séduit par tel ou tel aspect de la restitution, il y a des « choses » bien et des « choses » moins bien... Avec le Nakamichi 1000, rien de tel, aucun critère de la restitution ne nous laisse insatisfaits. Que ce soit sur les messages très complexes ou des solos, le résultat frise la perfection. L'image, les timbres, la dynamique ne suscitent aucun commentaire particulier, l'écoute se fait dans sa globalité.

Nous avons procédé à des essais d'enregistrement en analogique à 48 kHz à partir de la sortie analogique de notre lecteur CD. La perte de qualité à ce niveau-là est indéniable. Les sons perdent leur richesse et l'écoute semble mate et tassée par rapport aux étonnantes performances préalables. Indéniablement la possibilité de copie en numérique à 44,1 kHz d'un CD est l'un des arguments majeurs du Nakamichi 1000 et l'on comprend pleinement l'engagement total de Niro Nakamichi pour ne pas « paralyser intentionnellement les capacités d'une telle machine... »

Pour conclure, un seul regret : ne pas avoir pu disposer de cet excellent enregistreur plus longtemps afin de l'expérimenter en prise de son en direct, car là aussi nous sommes persuadés que nous aurions eu des surprises, mais ce n'est que partie remise...

LE COMPORTEMENT DYNAMIQUE DE L'AMPLIFICATEUR

THEORIES

Héphaïstos



La foule aime les héros, anti-caricatures réduites à quelques traits positifs auxquelles il est facile à beaucoup de s'identifier. Mais elle veut aussi ses traîtres. Ainsi, elle peut satisfaire son manichéisme atavique et... infantile. Gare à l'idole qui la déçoit, elle sera déchue et se retrouvera le nez dans la poussière sans avoir compris. Les étoiles éphémères que notre société-spectacle utilise comme des kleenex illustrent bien la versatilité de notre nature. Nous avons aussi tendance à réagir ainsi avec les événements et les évolutions de notre monde ; nous supportons mal les limites de la panacée d'hier. La contre-réaction, elle aussi, a ses limites. Et après avoir été portée aux nues, elle est actuellement victime d'une opprobre aussi irréfléchie que l'engouement pour la mode précédente. Nous avons déjà vu les limites du principe de la contre-réaction lors de son analyse statique ; aujourd'hui, nous allons voir comment les phénomènes dynamiques en limitent l'application.

**La contre-
réaction :
encore
des
limitations !**

Dans la technique des amplificateurs, comme dans beaucoup de domaines techniques, il y a des modes : je ne pense pas ici au renouvellement annuel et obligatoire des faces avant d'une grande partie de la production extrême-orientale, accompagné d'un discours commercial qui trop souvent sous le couvert d'un salmigondis pseudo-technique, cherche désespérément une autre raison d'être que la frivolité du

marché (un peu dans le style : nouvel amplificateur « à coins carrés »). Je pense plutôt au domaine purement technique, dans lequel les protagonistes s'imaginent parce qu'ils se veulent sérieux et objectifs, et parce que les cycles y sont plus lents et moins évidents, être à mille lieues de la futilité délicate et dérisoire qui peut charmer dans quelques « bouts de chiffons ».

Il y a quelques années, après

que les progrès de la technologie avaient permis aux transistors de chasser les tubes des amplificateurs de puissance audio, la contre-réaction était à la mode : le bon ton était, grâce à une contre-réaction globale importante, d'afficher des taux de distorsion très bas et des facteurs d'amortissement très élevés (complètement dissociés de toute utilisation réelle).

Aujourd'hui, sans qu'aucune rationalité ne soit réellement intervenue, un tel propos serait du dernier ringard. La contre-réaction continue d'être utilisée mais on cache un tel objet de honte et de dérision ; cachez cette contre-réaction que je ne saurais voir ! Bien sûr, comme toute mode, celle de la contre-réaction avait connu ses abus, mais aujourd'hui le balancier est dans la position opposée et nous voyons fleurir d'autres excès ; on se flatte de taux de contre-réaction faibles voire nuls. Prométhée s'est brûlé les doigts avec ses allumettes et, recroquevillé dans son fauteuil, rêve d'un paradis sauvage et perdu.

Dans le n° 2 (Nouvelle Série de l'Audiophile, nous avons vu les avantages réels de l'utilisation de la contre-réaction et les limites précises de son pouvoir dans le domaine statique. En effet les phénomènes physiques fondamentaux utilisés dans les éléments amplificateurs (tubes ou transistors) ont des linéarités restreintes et la contre-réaction est un moyen puissant pour obtenir des circuits au comportement linéaire à partir de composants qui ne le sont guère (nos études vous ont montré qu'il y avait parfois d'autres solutions). Toutefois, nous avons vu que dans le cas d'un seul élément amplificateur, la contre-réaction permettait, tout au plus, d'optimiser un compromis entre le gain et la linéarité. Alors que dans les montages faisant intervenir plusieurs éléments amplificateurs, il était réellement possible d'obte-

nir des gains effectifs de linéarité avec des taux de contre-réaction élevés, mais que le point faible du montage était le ou les premiers éléments amplificateurs (distorsion thermique ou fluctuation de polarisation)

Mais nous nous étions alors limités aux aspects statiques de l'usage de la contre-réaction ; pourtant les problèmes dynamiques sont capitaux pour la contre-réaction et son inventeur Harold S. Black (amusez-vous à lire le très plaisant récit qu'il a fait de sa découverte, dans IEEE Spectrum de Déc. 1977) a eu la chance de la mettre initialement en œuvre avec un taux assez faible et ne s'est pas tout de suite heurté aux problèmes de stabilité. Car dès que l'on cherche à accroître le taux de contre-réaction, on se trouve confronté à des problèmes de stabilité qui ont été effroyables jusqu'à l'analyse théorique de ceux-ci qui a permis la maîtrise des problèmes dynamiques. Harold S. Black a d'ailleurs dû attendre 9 ans avant de voir son brevet accepté : les employés du service des brevets américain refusaient de croire qu'un tel dispositif puisse fonctionner et pensaient qu'il devait nécessairement osciller.

Il est facile de comprendre ces problèmes de stabilité de boucle de contre-réaction par notre propre expérience domestique : quand nous cherchons à régler la température de notre douche, nous réalisons un asservissement (voir la figure n° 1) ; nous utili-

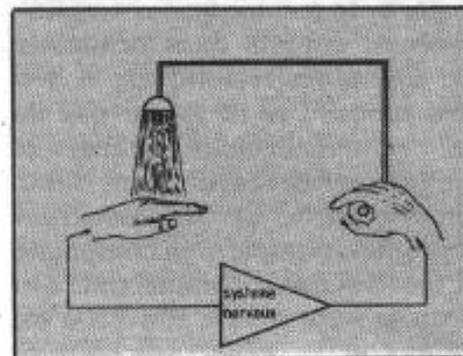


Fig. 1 : Une boucle de contre-réaction méconnue.

sons une main comme capteur de température et la chaîne d'asservissement est constituée de notre système nerveux et de la seconde main qui tourne un des boutons du mélangeur. La théorie de la contre-réaction nous dit que l'asservissement sera fonction du taux de contre-réaction : plus celui-ci est élevé (c'est à dire, plus une légère variation de la température de la douche entraînera une action importante sur le robinet) et plus la température sera stabilisée avec précision. Or notre expérience nous enseigne qu'avec un tel comportement, notre douche va être alternativement glacée et brûlante à une fréquence qui dépend de la longueur du tuyau entre le robinet et le capteur. Pour que l'asservissement soit stable, il faut introduire une constante de temps dans la chaîne d'asservissement, c'est ce que nous faisons instinctivement quand nous réglons notre douche.

Le problème de la stabilité des boucles d'asservissement dans le domaine audio n'est guère plus compliqué et je me propose de vous le montrer dans cet exposé : en partant de notions de base très simples, au risque d'ennuyer un peu ceux qui connaissent bien cette question, il est facile de comprendre ces problèmes de stabilité et la manière de les traiter pour pouvoir bénéficier des avantages de la contre-réaction.

Nous verrons donc ici l'analyse théorique de la stabilité des boucles, de façon intuitive d'abord, puis de manière rigoureuse : les problèmes et les remèdes. Nous illustrerons notre propos avec un cas très courant d'instabilité, facile à résoudre quand on sait le prendre par le bon bout. Nous examinerons ensuite comment ce problème se pose dans le cadre d'une structure complexe à plusieurs étages amplificateurs avec la solution la plus classique et d'autres solutions. Enfin, après avoir fait un tour assez complet du problème,

nous analyserons la solution retenue pour notre amplificateur de puissance, puisque ces réflexions s'inscrivent dans l'étude d'un amplificateur de puissance.

Etude théorique

Plusieurs théories très complexes ont été développées pour analyser la stabilité des boucles de contre-réaction dans des cas très variés, mais pour notre cas (système presque linéaire, non échantillonné, avec des fonctions de transfert simples) le problème est simple à formuler et facilement soluble.

Approche intuitive

Pourquoi un amplificateur rebouclé peut-il osciller ? Pourquoi les employés du service des brevets américain doutaient-ils du fonctionnement du circuit de H. S. Black ? C'est parce qu'il est très risqué de réinjecter en entrée d'un amplificateur son signal de sortie ! Une analyse simple en continu permet de comprendre ce qui se passe en alternatif :

L'amplificateur de la figure n° 2 ne peut pas fonctionner :

$$V_{out} = A \cdot V_{in}$$

or $V_{in} = V_{out}$

La seule solution mathématique à ces deux équations est

$$V_{in} = V_{out} = 0$$

Mais ce n'est pas une solution physique car le zéro n'existe pas ici et serait un équilibre à la stabilité impossible ; l'amplificateur de la figure n° 2 se bloque

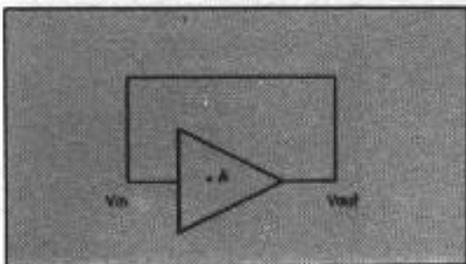


Fig. 2 : Un rebouclage impossible.

dès la mise en route en saturation positive ou négative. Cela nous fait bien comprendre la règle

N° 1 : il ne faut jamais reboucler un signal avec un gain positif supérieur à 1.

Dans le cas de la contre-réaction (voir la figure n° 3), nous avons la sortie rebouclée sur l'entrée à travers une inversion, nous ne sommes pas dans le cas de la figure n° 2 et l'amplificateur ne se bloquera pas en continu ; mais si pour des signaux alternatifs l'amplificateur ou le réseau de contre-réaction retourne le sens du signal on se retrouve dans le cas de la figure n° 2 et l'amplificateur va osciller à ces fréquences. Et en alternatif, il est très facile de retourner le sens d'un signal, il suffit de jouer sur la phase : cela veut dire qu'un amplificateur rebouclé peut osciller si la phase du signal réinjecté (en a sur la figure n° 3)

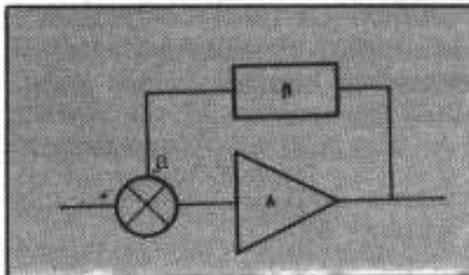


Fig. 3 : Le rebouclage de la contre-réaction.

a tourné de 180°.

Il y a plusieurs raisons pour que la phase tourne dans un circuit électronique :

- Il y a d'abord la simple propagation du signal (un peu le même problème que dans le tuyau de notre douche), mais grâce à la vitesse très élevée de l'électricité et la faible fréquence des signaux audio, ce problème ne nous concerne pas : ainsi une rotation de phase de 180° à 1 MHz représente un parcours d'environ 100 mètres, nous manquons de place dans notre amplificateur.

- Ensuite certains circuits comme les filtres, font tourner la phase des signaux en fonction de la fréquence ; mais ici encore nous ne sommes pas touchés puisque nous cherchons à faire de l'amplification sans filtrage, nos circuits n'ont pas de raison pour

être sélectifs.

- Enfin il y a les limitations de bande, naturelles ou volontaires, qui agissent comme des filtres passe-bas et qui font donc tourner la phase. Ce sont elles qui nous causent des soucis et qui nous permettent aussi de résoudre les problèmes dynamiques.

Etude d'une coupure de bande

Les limitations qui coupent la bande ont toutes un comportement voisin qu'il est facile de comprendre en examinant le fonctionnement de la plus simple d'entr'elles : le circuit R C (voir la figure n° 4).

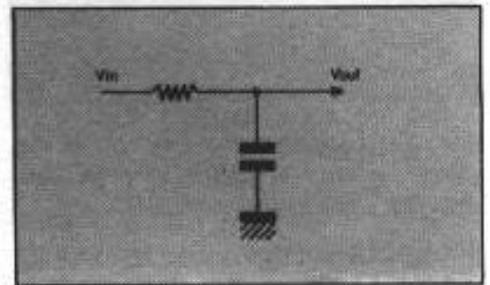


Fig. 4 : La coupure de bande la plus simple.

Si R est la valeur de la résistance et Z_c l'impédance du condensateur, la fonction de transfert d'un tel circuit est :

$$G = \frac{Z_c}{R + Z_c}$$

or en notation complexe

$$Z_c = \frac{1}{j.C.\omega}$$

$$\text{donc } G = \frac{1}{1 + j.R.C.\omega}$$

et en posant

$$\omega_0 = \frac{1}{R.C}$$

nous avons :

$$G = \frac{1}{1 + j\frac{\omega}{\omega_0}}$$

L'amplitude de cette fonction de transfert vaut :

$$A = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\omega^2}{\omega_0^2}}}$$

sa phase vaut :

$$\varphi = -\text{Arctg} \frac{\omega}{\omega_0}$$

Comme le montre la figure n° 5, aux basses fréquences

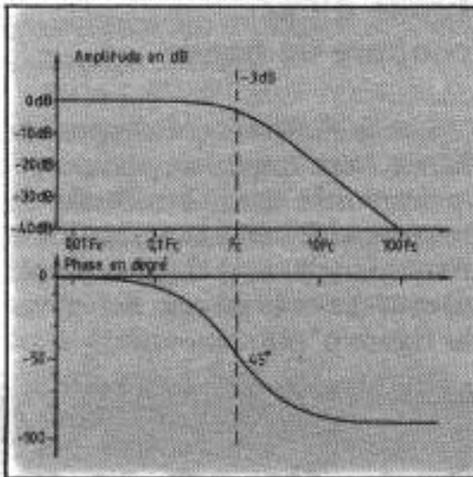


Fig. 5 : Courbes d'amplitude et de phase d'une coupure simple (les échelles sont logarithmiques).

l'amplitude est voisine de 1 et la phase de 0°, à la coupure :

$$F_c = \frac{\omega_0}{2\pi}$$

l'amplitude vaut 0,707 (soit une baisse de niveau de 3 dB) et la phase 45° ; aux fréquences élevées l'amplitude décroît proportionnellement à la fréquence et le déphasage tend vers 90°.

Rebouclage avec une coupure

Prenons un amplificateur linéaire (nous verrons plus loin quelles sont les limites de cette approximation) ayant une coupure de bande, son gain en boucle ouverte est de la forme

$$A = \frac{A_0}{1 + j \frac{\omega}{\omega_0}}$$

Il introduit un déphasage inférieur ou égal à 90° ; un réseau de contre-réaction linéaire n'introduisant pas de déphasage, nous pouvons le reboucler en gain linéaire. Nous avons vu, lors de

l'analyse statique que nous obtenons la fonction de transfert :

$$G = \frac{A}{1 + \beta A} = \frac{1}{\beta} \frac{1}{1 + \frac{1}{\beta A}}$$

En remplaçant A par sa valeur en fonction de la fréquence, nous obtenons la valeur de la fonction de transfert en fonction de la fréquence :

$$G = \frac{1}{\beta} \frac{1}{1 + \frac{1}{\beta A_0}} \frac{1}{1 + j \frac{\omega}{\omega_0 \beta A_0 (1 + \frac{1}{\beta A_0})}}$$

Nous retrouvons une fonction de transfert avec une coupure de bande ; en dessous de la nouvelle fréquence de coupure le gain est celui donné par l'analyse statique. La nouvelle fréquence de coupure est celle de l'amplificateur en boucle ouverte multipliée par

$$\beta A_0 (1 + \frac{1}{\beta A_0}) \approx \beta A_0$$

comme nous le voyons sur la figure n° 6.

Nous pouvons aussi voir sur la figure n° 6 que le taux de contre-

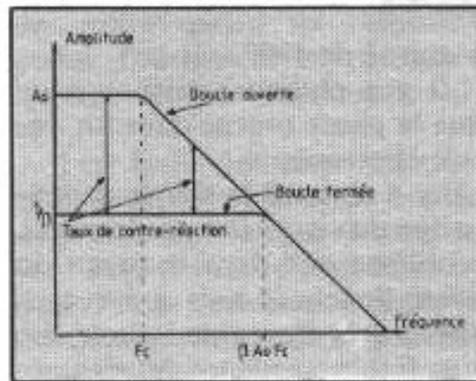


Fig. 6 : Gain d'un amplificateur rebouclé.

réaction à chaque fréquence est donné par la distance qui sépare les courbes correspondant à l'amplificateur en boucle ouverte et à l'amplificateur en boucle fermée.

Rebouclage avec deux coupures

Prenons maintenant le cas d'un amplificateur toujours

linéaire, mais présentant deux coupures que nous allons supposer être à des fréquences relativement distantes. La figure n° 7 nous montre l'allure en amplitude et en phase de sa fonction de transfert. Nous voyons que, cette fois, le déphasage voisine les 180°.

Si nous cherchons à reboucler cet amplificateur avec un gain faible (cas 1 sur la figure n° 7),

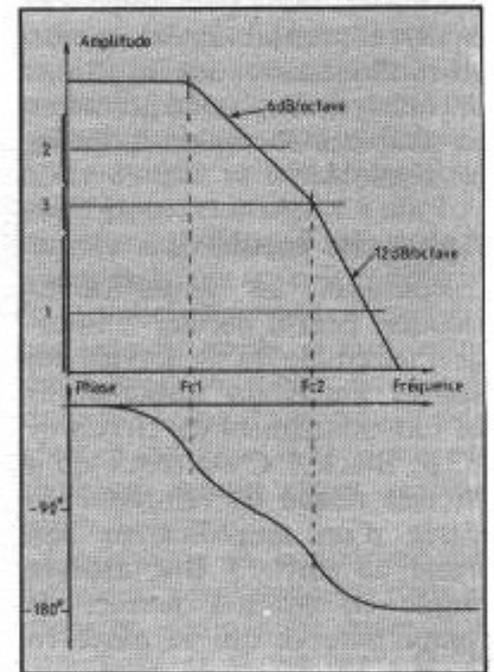


Fig. 7 : Fonction de transfert d'un amplificateur avec deux coupures.

nous allons réinjecter aux fréquences élevées des signaux ayant un déphasage voisin de 180° sur une entrée inverseuse ; cela veut dire que nous avons un gain positif rebouclé. Que croyez-vous qu'il arrivera ? le montage oscillera !

Si par contre nous recherchons un gain important (cas 2 sur la figure n° 7), les signaux réinjectés avec une rotation de phase de 180° le seront avec un gain inférieur à 1 puisque le réseau de contre-réaction les aura plus atténués que l'amplificateur ne les aura amplifiés ; notre amplificateur sera stable. Nous obtiendrons un comportement de la nouvelle fonction de transfert voisin du cas de l'amplificateur avec une seule coupure (voir la figure n° 8).

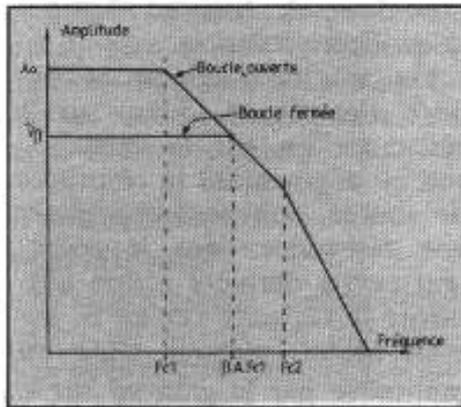


Fig. 8 : Rebouclage stable d'un amplificateur avec deux coupures.

Entre ces deux comportements, nous obtiendrons (cas 3 sur la figure n° 7) un comportement intermédiaire : le circuit aura tendance à résonner à la fréquence à laquelle il veut osciller : cela se verra dans la fonction de transfert qui aura les allures de la figure n° 9, et dans la réponse du circuit sur signaux carrés (voir la figure n° 10). L'utilisation de signaux carrés est très utile pour juger de la marge de stabilité d'une boucle.

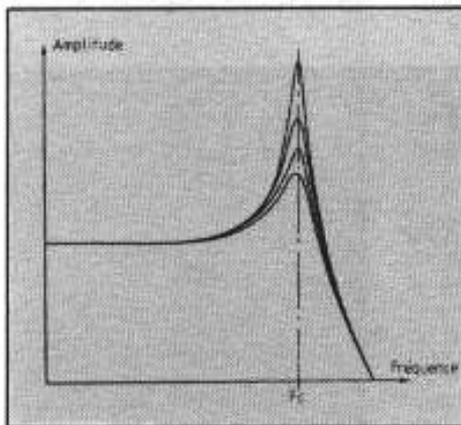


Fig. 9 : Fonctions de transfert d'un amplificateur rebouclé à la limite de l'instabilité.

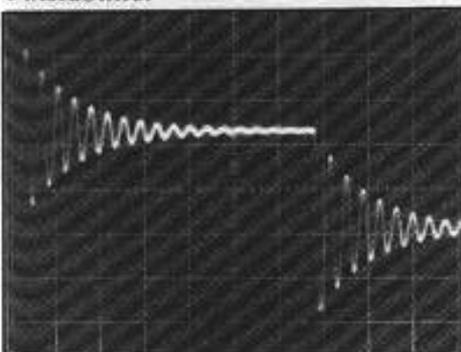


Fig. 10 : Oscillogramme d'un amplificateur rebouclé à la limite de l'instabilité.

Cas général

Dans les circuits électroniques, il y a beaucoup de sources naturelles de coupure de bande : toutes les capacités parasites dont sont affligés les éléments actifs, associés aux inévitables résistances, les fréquences de coupure des éléments actifs, les capacités parasites des cablages et des éléments passifs....

Pour qu'une boucle de contre-réaction soit stable, il faut qu'une coupure domine par son action et que les autres soient placées assez haut en fréquence pour que la somme de tous les déphasages qu'elles introduisent interviennent à des fréquences où il n'y a plus de gain de boucle. En général, pour bien maîtriser cette première coupure qui permet de contrôler la stabilité de la boucle, on utilise un condensateur placé à un point stratégique.

On doit à W. H. Bode une théorie sur la stabilité des boucles de contre-réaction et un livre (" Network analysis and feedback amplifier design ", Van Nostrand 1945) qui permettent de résoudre facilement l'analyse de stabilité. Il a démontré que pour les circuits à déphasage minimal (c'est à dire la plupart des circuits utilisés en amplification linéaire) il y avait une relation entre le déphasage et la décroissance de l'amplitude : 90° correspondent à une décroissance de 6 dB par octave ou de 20 dB par décade, 180° correspondent à une décroissance de 12 dB par octave ou de 40 dB par décade, et ainsi de suite. C'est bien ce que nous montre la figure n° 7.

Il a également proposé une approximation des lois en amplitude et en phase d'une coupure (voir la figure n° 11) qui simplifie grandement le tracé de ces courbes avec une erreur minimale.

Le critère de stabilité dans le cas général — passer le point de gain de gain unité (le point où l'amplitude du gain de boucle A.β vaut 1) avec un déphasage infé-

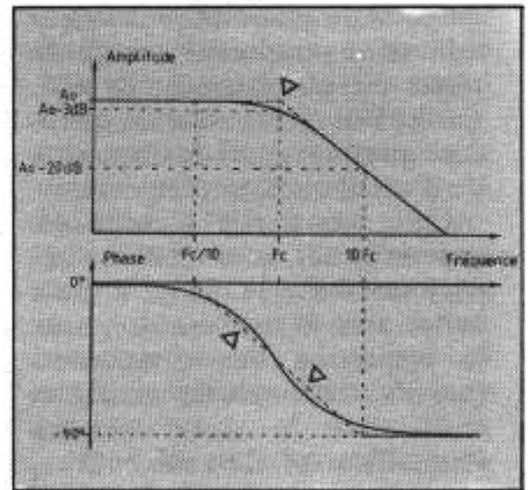


Fig. 11 : Approximations de Bode pour les lois d'amplitude et de phase d'une coupure simple. L'erreur maximale en amplitude est de 3 dB et en phase de 5,7°.

rieur à 180° — devient avec W. H. Bode : passer le point de gain unité avec une pente inférieure à 12 dB / octave. Notons au passage que l'importance du point de gain unité apparaît dans la formule qui donne le gain d'un amplificateur rebouclé : un gain de boucle qui a une amplitude de 1 avec un déphasage de 180° cela veut dire que A.β vaut -1 et le gain devient infini.

En fait par rapport à cette condition extrême, on utilise en général une marge de sécurité ; selon le raisonnement utilisé (amplitude ou phase) on définit une marge en amplitude (au point où la phase a tourné de 180°) ou une marge en phase (au point où l'amplitude vaut 1) (voir la figure n° 12). Dans la pratique on utilise surtout la marge de phase que l'on observe

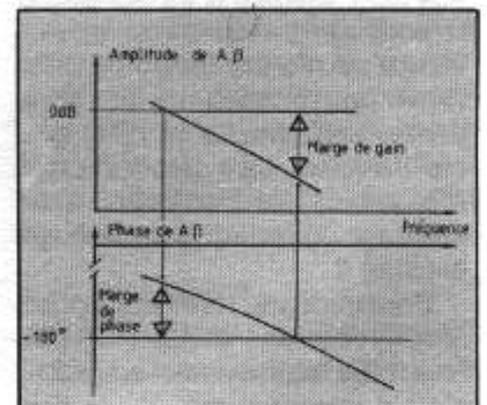


Fig. 12 : Marge de gain ou de phase.

au point de gain unité ; la valeur minimum pour cette marge de phase est généralement de 60° . En deçà de cette valeur on considère que les risques de surtension ou d'oscillation sont importants.

Cette marge de sécurité est nécessaire car on ne maîtrise pas toujours bien le gain : il peut varier avec la température, avec la dispersion des composants (passifs mais surtout actifs) et enfin avec le signal puisque l'amplificateur n'est pas linéaire, et elle n'est pas toujours suffisante quand tous ces phénomènes se cumulent.

Pour la suite de notre exposé nous utiliserons donc les courbes qui donnent l'amplitude du gain et qui sont généralement appelées diagrammes de Bode. Je connais d'autres théories que celles de W. H. Bode pour la stabilité des boucles de contre-réaction et d'autres critères de stabilité (critère de Léonhard, critère de Hurwitz, critère de Routh, critère de Nyquist), et je sais pour l'avoir fait dans d'autres contextes qu'il est possible d'obtenir des boucles de contre-réaction stables en rebouclant des gains supérieurs à 1 avec des déphasages supérieurs à 180° mais dans le contexte des amplificateurs audio les notions simples que j'ai exposées ci-dessus sont bien suffisantes.

Application à un étage simple

Nous allons illustrer nos propos par l'examen d'un cas simple et pourtant extrêmement irritant lorsqu'on n'a pas les outils théoriques qui permettent de résoudre les problèmes : en effet quel est l'électronicien débutant qui n'a jamais été confronté à un montage collecteur commun qui oscillait ?

Pourquoi un montage collecteur commun oscille-t-il parfois ? La réponse est évidente : c'est un montage de gain voisin de 1, ce qui veut dire que le tran-

sistor utilisé est rebouclé avec un fort taux de contre-réaction et que si la marge de phase est insuffisante, ...vous connaissez la suite.

Quelles sont les coupures de bande qui interviennent ici dans le transistor en boucle ouverte ? Le schéma équivalent du montage (voir la figure n° 13) nous renseigne : il y a d'abord une coupure à l'entrée, due à la résistance de la source et à $R_{BB'}$ et aux capacités vues en B' ; il y a ensuite une coupure de sortie due à l'impédance de sortie et à la capacité présentée par la charge.

On comprend mieux alors les recettes de cuisine utilisées pour mettre fin aux oscillations de ce montage, elles cherchent à faire descendre la fréquence de l'une de ces deux coupures de manière à rendre celle-ci prédominante.

On peut (voir la figure n° 14) agir sur la coupure de sortie en accroissant la capacité que voit le montage, cela revient à faire baisser la fréquence de la cou-

pure de sortie, mais ce n'est pas la meilleure solution.

On peut aussi agir sur la coupure d'entrée en jouant sur la résistance ou sur la capacité : soit en augmentant la résistance de source, soit en introduisant une résistance dans le collecteur ; cette dernière action augmente la capacité vue en B' par effet Miller, puisque $C_{B'C}$ est multipliée par le gain vu sur le collecteur.

Montage à plusieurs étages

Nous sommes prêts pour examiner dans toute sa complexité le cas de la contre-réaction globale qui prend en compte le gain et les déphasages de plusieurs étages. Nous savons qu'une fois de plus, ce sera une affaire de compromis puisque pour obtenir un taux de contre-réaction important à une fréquence donnée, il faut pouvoir maîtriser le fonctionnement du montage à des fréquences bien plus élevées, ce qui n'est pas

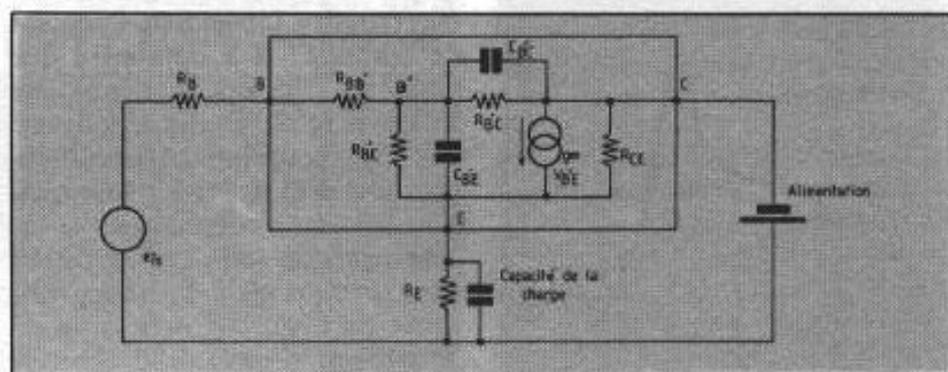


Fig. 13 : Schéma équivalent du transistor monté en collecteur commun.

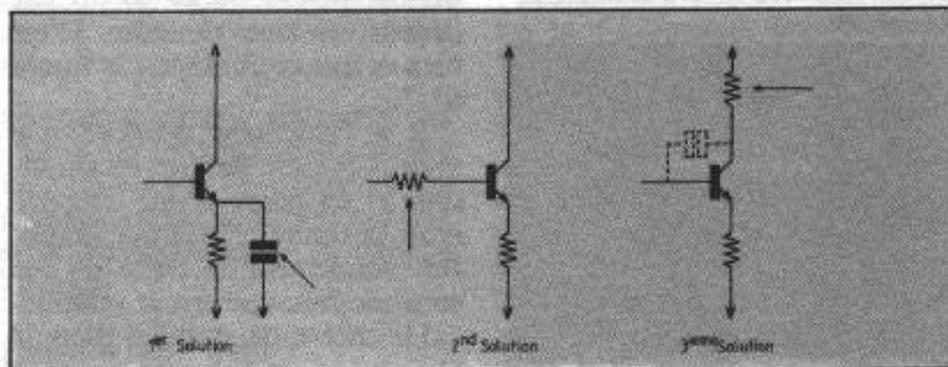


Fig. 14 : Remèdes aux oscillations d'un transistor en collecteur commun. Nota : On retrouve la première solution en sortie des amplificateurs sous la forme d'un circuit R.C.

toujours évident : le problème est de bien choisir la fréquence de coupure et son point d'application pour maximiser les effets de la contre-réaction.

L'amplificateur opérationnel

L'amplificateur opérationnel en circuit intégré est l'application de la contre-réaction globale la plus répandue. La solution très astucieuse qui permet de résoudre les problèmes dynamiques a souvent été reprise dans les montages audio. Nous allons étudier cette structure dans un cas particulier : le 741.

Dans son schéma (voir la figure n° 15) nous pouvons voir un différentiel d'entrée, suivi d'un miroir de courant qui commande un transistor monté et intégrateur ; l'étage de sortie est du type collecteur commun.

Le schéma pour la contre-réaction se réduit au principe de la figure n° 16 : la principale coupure est due à la fonction de

transfert de l'intégrateur ; pour obtenir un circuit stable il faut que les autres coupures soient au-delà de quelques dizaines de MHz (fréquences de coupures des transistors du différentiel d'entrée, du miroir de courant et du transistor de sortie).

Les avantages de ce circuit d'un point de vue dynamique résident dans l'utilisation d'un second étage intégrateur qui masque les coupures du second étage et qui intègre les capacités parasites vues par la sortie à très haute impédance du premier étage ; ces impédances sont imposées par la recherche d'un gain très élevé et dans une autre structure donneraient avec les capacités parasites une coupure qui, étant inévitable, serait la coupure principale et poserait des problèmes difficilement solubles pour la conception du second étage puisque ce dernier n'aurait droit à aucune coupure tout en ayant à fournir un gain important.

Les amplificateurs opérationnels conçus selon ce principe sont très pratiques à utiliser mais il est possible de les faire osciller : soit en leur présentant une charge trop capacitive (voir la figure n° 17) qui avec l'impédance de sortie introduit une coupure, soit en utilisant un réseau de contre-réaction à trop haute impédance qui avec la capacité parasite d'entrée donne une coupure.

Pour les signaux audio, on peut faire plusieurs reproches à cette structure sur le plan dynamique : la fréquence de coupure est située dans le bas de la bande audio, le taux de contre-réaction baisse avec la fréquence. La coupure étant située derrière le premier étage, la dynamique des signaux que voit celui-ci, si critique pour la linéarité, croît avec la fréquence pour une amplitude de sortie constante ; la limite de ce phénomène étant la saturation du premier étage, avec l'apparition de la limite de slew-rate (voir la figure n° 18).

L'amplificateur de puissance courant

La structure de l'amplificateur opérationnel est très pratique et nous la retrouvons dans de nombreux amplificateurs de puissance. La figure n° 19 nous montre un exemple parmi tant d'autres ; nous y voyons aussi un second étage avec sa capacité intégratrice. Un réseau RC entre le différentiel d'entrée et le miroir de courant permet de réduire cette capacité et d'augmenter le slew-rate (il fallait bien suivre cette mode à la fin des années 70), mais les reproches demeurent : on a masqué le symptôme le plus connu, mais pas fondamentalement changé la structure.

Les nouveaux amplificateurs de puissance

La structure en amplificateur opérationnel a été dénoncée par Matti Ojala au début des années

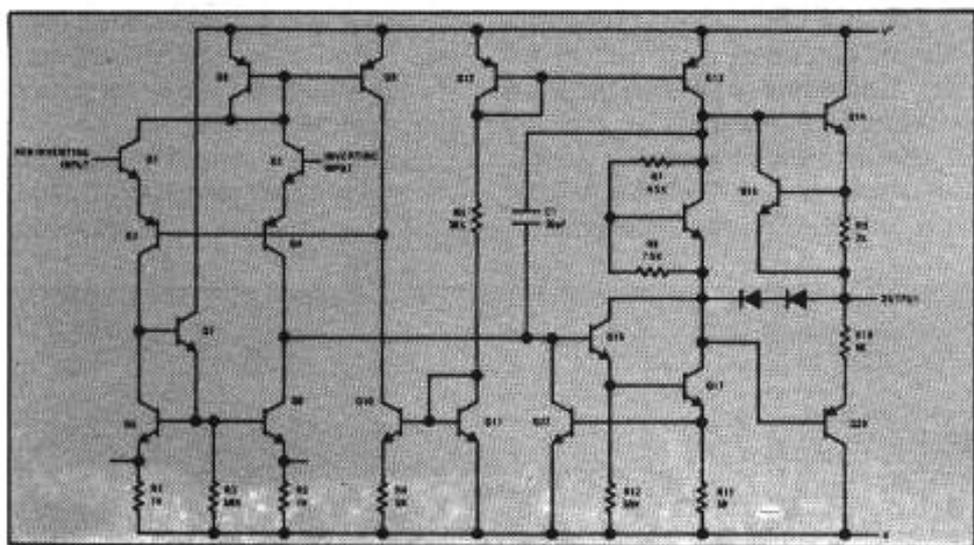


Fig. 15 : Schéma du μA 741 (doc. NS).

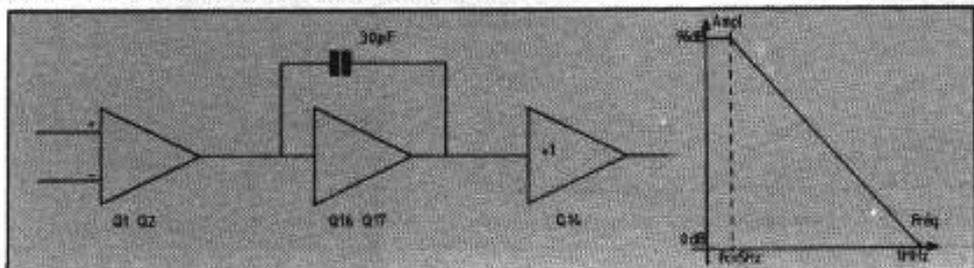


Fig. 16 : Schéma du principe de μA 741.

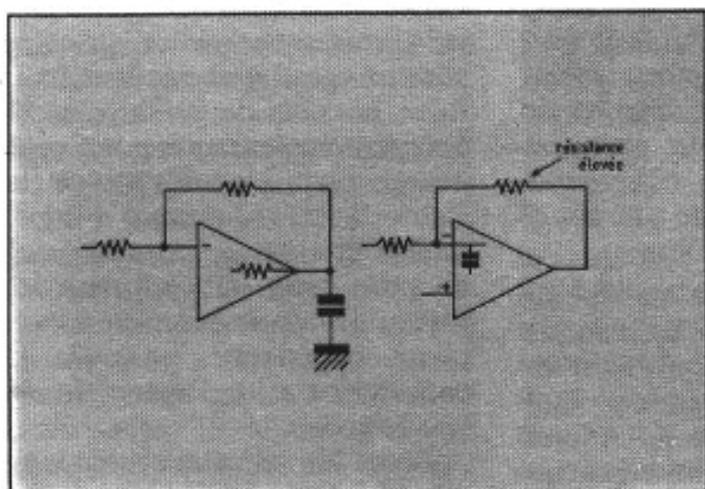


Fig. 17 : Deux manières de faire osciller un amplificateur opérationnel. Nota : Dans les amplificateurs de puissance, pour éviter le premier problème, on intercale une self en série avec la charge.

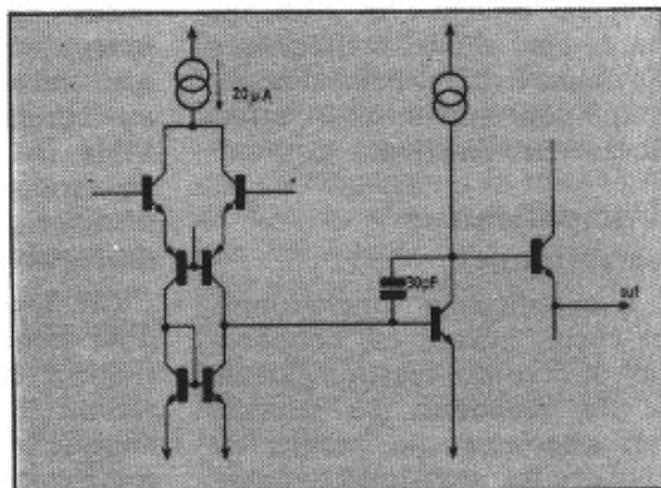


Fig. 18 : Limitation du slew-rate dans le μA 741 par saturation du premier étage : $\frac{dV_{out}}{dt} = \frac{20 \mu A}{30 pF} = 0,666 V/\mu s$.

70 et tout le monde est parti à la chasse à la fameuse distorsion d'intermodulation transitoire sans forcément avoir bien compris qu'elle ne se réduisait pas à la limite du slew-rate. Bientôt suivi par d'autres, M. Ojala proposa une nouvelle structure d'amplificateur ("An Audio Power Amplifier For Ultimate Quality Requirements", IEEE Trans. on audio, Dec. 73) dans laquelle (voir la figure n° 20) la coupure est située au-delà de la bande audio ; chaque étage, grâce à une contre-réaction locale fournit moins de gain mais avec plus de linéarité et une bande plus importante. Le taux

de contre-réaction globale est faible.

Cette démarche est intéressante et a donné de bons résultats subjectifs, mais elle a été mal comprise et a fait rejeter la contre-réaction.

Les nouveaux amplificateurs opérationnels

Jusqu'à une époque récente, il n'était pas possible d'utiliser les amplificateurs opérationnels en circuits intégrés dans les circuits à grande bande passante : depuis les ancêtres (μA 702 et μA 709) qui n'étaient pas compensés,

tous les amplificateurs opérationnels en circuit intégré sont intérieurement compensés et ont des fonctions de transfert du type de celle de la figure n° 16 avec une bande passante très moyenne à gain faible et réduite dès que le gain croît. Mais maintenant que les progrès de la microélectronique permettent la réalisation de transistors PNP ayant des gains et des fréquences de transition équivalentes à celles des NPN, nous voyons apparaître un nouveau type d'amplificateurs opérationnels.

Ces nouveaux amplificateurs utilisent un autre principe : ce sont des amplificateurs à transcon-

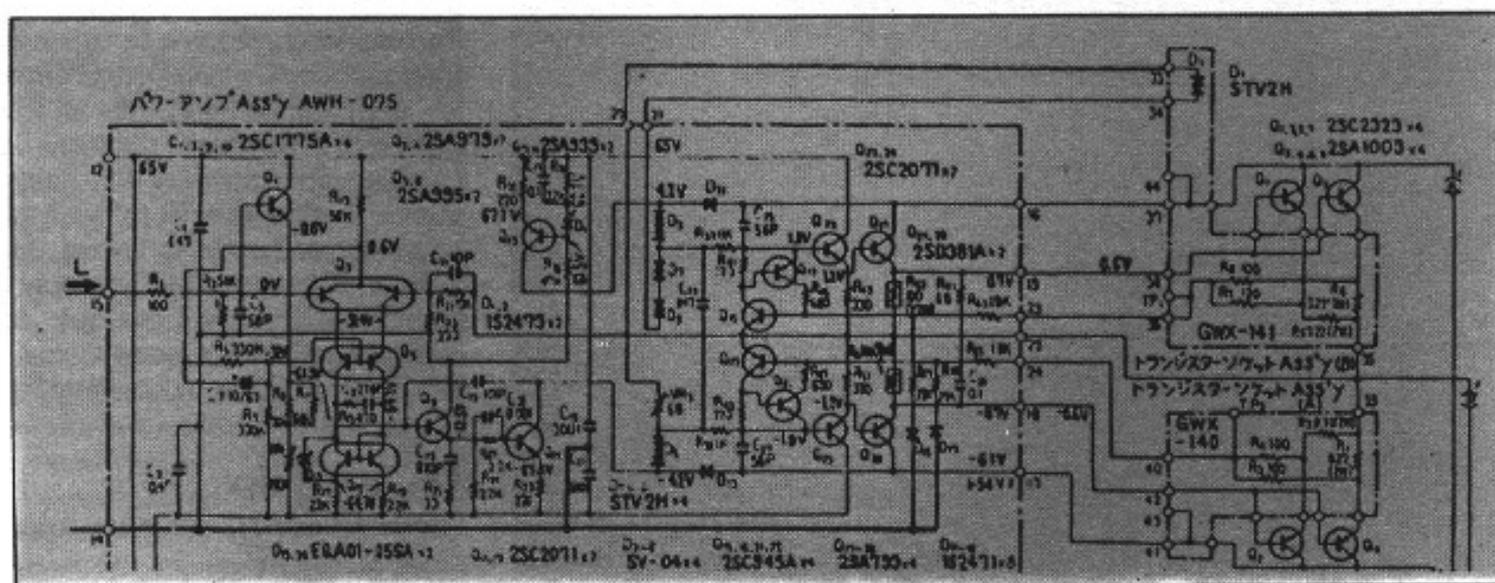


Fig. 19 : Exemple de schéma d'amplificateur.

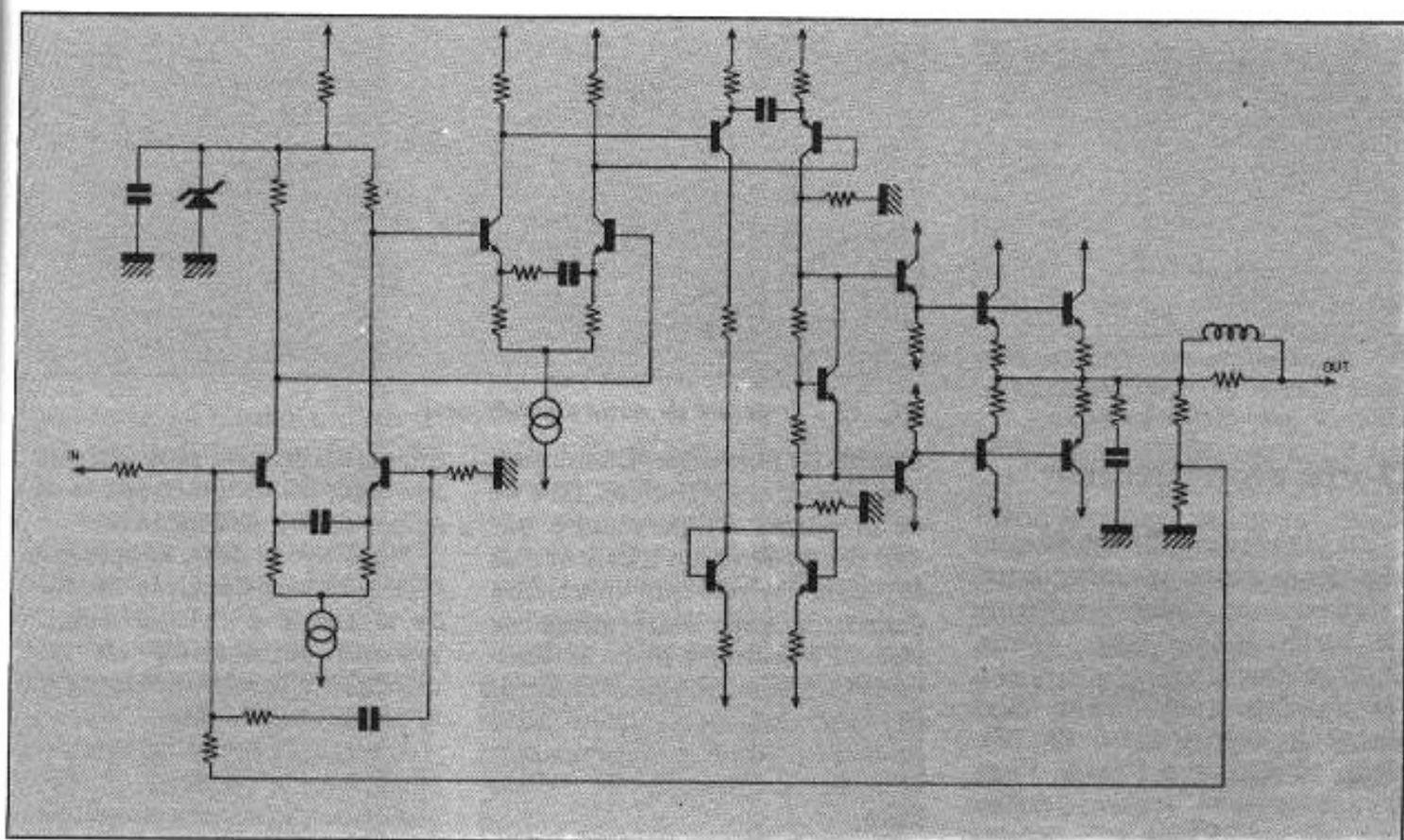


Fig. 20 : Schéma proposé par M. Otala.

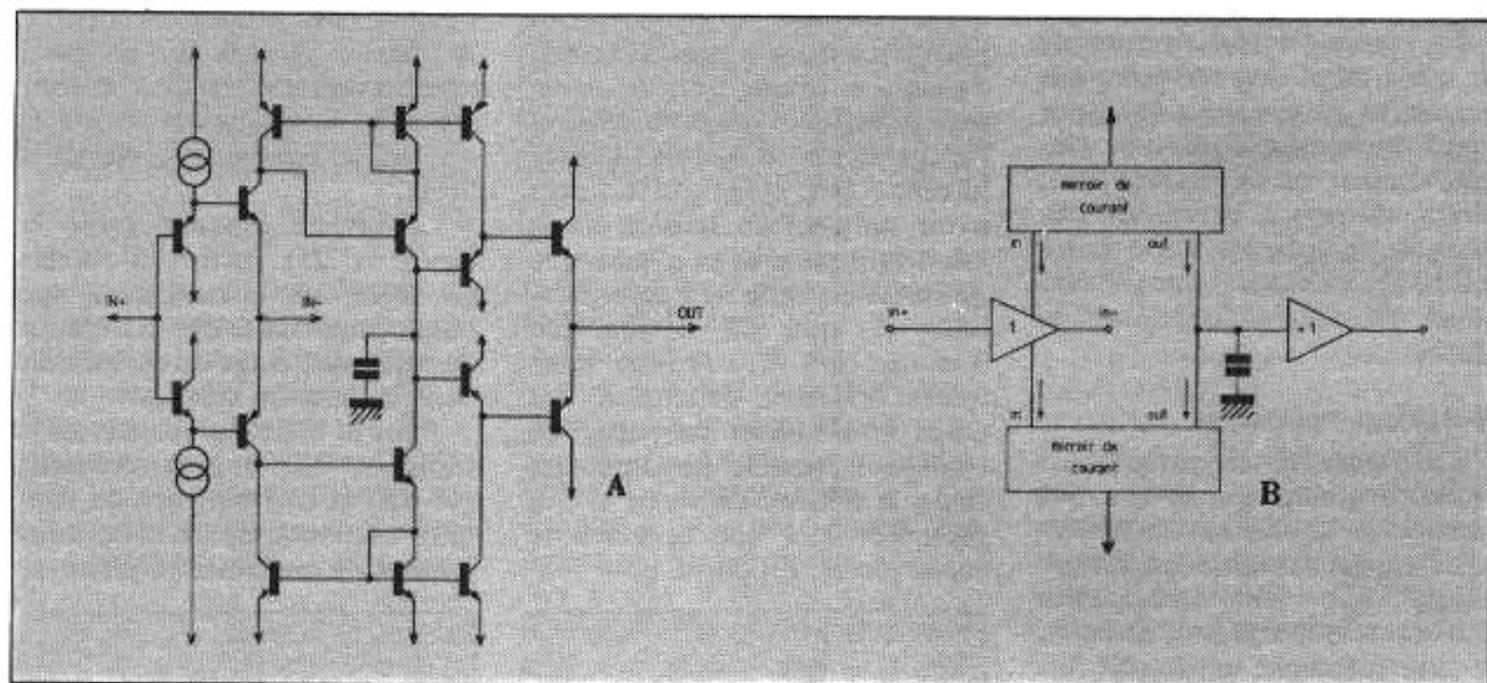


Fig. 21 : Amplificateur à transconductance : A schéma réel (Comlinear Corp.). B schéma de principe.

ductance (voir la figure n° 21), pour lesquels la bande passante n'est pas liée au gain mais à la valeur de la résistance de rebouclage ; ils permettent d'obtenir à la fois du gain et une bande passante importante (voir la figure

n° 22). Le principal inconvénient de cette structure est de présenter une très basse impédance sur son entrée inverseuse, mais dans le cadre d'un amplificateur de puissance audio ce ne serait pas un problème. Je ne sais

pas si cette structure serait intéressante dans le contexte audio (elle n'y a pas encore été utilisée à ma connaissance) mais elle devait être signalée dans notre exposé sur les problèmes dynamiques de la contre-réaction.

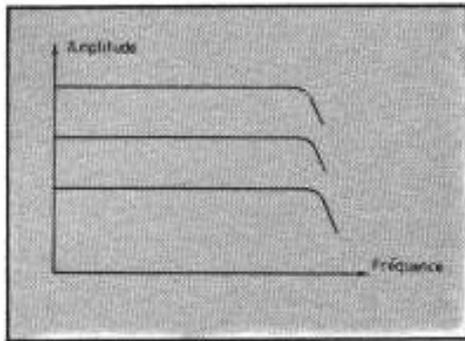


Fig. 22 : Fonction de transfert d'un amplificateur à transconductance rebouclé avec différents gains.

Notre amplificateur

Dans notre amplificateur nous cherchons à maximiser la contre-réaction dont bénéficient l'étage de sortie et son étage driver. Pour chaque étage nous utilisons un montage très linéaire dans lequel la combinaison de plusieurs transistors et l'usage d'une contre-réaction locale permettent d'obtenir une très grande linéarité sans sacrifier ni le gain ni la bande passante.

Le comportement dynamique de notre amplificateur doit nous permettre de bénéficier des avantages de la contre-réaction globale dans toute la bande audio. Nous utiliserons donc des fréquences de coupures supérieures à 20 kHz (200 kHz étant l'idéal selon les approximations de Bode).

Solution classique

La figure n° 23 présente la structure globale que nous avons retenue pour notre amplificateur. Le gain total avant rebouclage est de $100 \times 10 \times 300 \times 1 = 300\,000$ (soit 110 dB), le gain recherché en boucle fermée est de 100 (soit 40 dB), avec la solution classique nous aurions $A_o \cdot \beta = 3000$, ce qui voudrait dire que si la fréquence de coupure en boucle ouverte est 20 kHz, la fréquence de coupure fermée sera de 60 MHz ; il faudrait donc contrôler la phase au-delà de cette fréquence, c'est très difficile pour des circuits bas niveau et impossible pour des

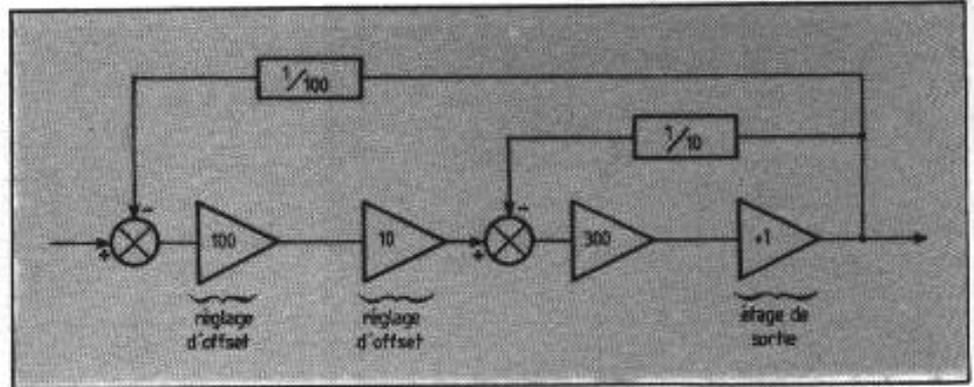


Fig. 23 : Structure de notre amplificateur.

circuits de puissance. La solution généralement retenue en face de ce problème est de réduire par une contre-réaction locale accrue le gain d'un ou plusieurs étages ; le gain ainsi utilisé ne sert qu'à accroître (avec les limites que nous avons vues) la linéarité d'un seul étage, alors qu'il pourrait profiter à plusieurs étages. Il est possible de mieux faire.

Solution retenue

En reprenant le principe des amplificateurs opérationnels — mais en mode linéaire — on peut reboucler l'étage de sortie et l'étage driver dans une boucle interne. Cet étage driver doit avoir un gain en tension assez important puisque sa dynamique de sortie est celle de l'amplificateur et que la dynamique d'entrée doit être réduite pour limiter le déchet de tension. Cet étage doit utiliser en sortie un transistor capable de supporter toute la tension de sortie et qui présente alors une capacité de sortie élevée. En outre, pour ren-

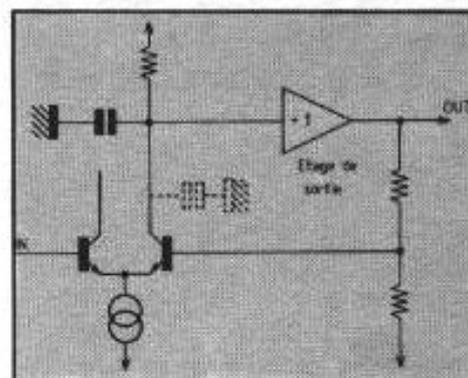


Fig. 24 : Principe de rebouclage interne des deux derniers étages.

dre cette capacité plus fâcheuse, sa valeur est modulée par la tension que voit le transistor.

Nous avons donc adopté pour cette première boucle la structure de la figure n° 24 ; la capacité parasite perturbatrice est masquée par le condensateur qui fixe la coupure de bande.

L'étage de sortie ne devra pas perturber la boucle, il devra donc avoir sa propre coupure au-delà du point de gain 1. Pour la première version de notre amplificateur nous utiliserons la classe A linéaire, c'est à dire un montage du type collecteur commun, il devrait être possible d'obtenir une bande passante de plusieurs MHz.

La boucle obtenue (voir la figure n° 25) permet d'obtenir en sortie un circuit avec une bande importante que la capacité de sortie de l'étage driver interdit dans la solution classique.

Pour la boucle globale (voir la figure n° 26) le gain recherché (40 dB) et la fréquence de coupure minimale de 20 kHz, nous impose de contrôler la phase de

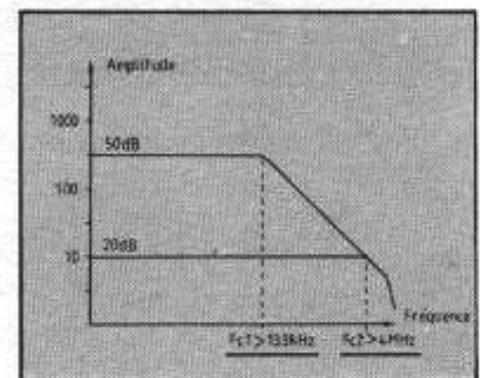


Fig. 25 : Objectifs de bande passante pour la boucle de sortie.

tous les circuits (y compris la boucle de sortie) jusqu'à plusieurs MHz. La coupure principale sera placée en sortie du premier étage (voir la figure n° 27) auquel on demande un gain important, ce qui conduit à des résistances de charge élevées et donc à une sensibilité aux capacités parasites.

La théorie de la TIM nous indique que la sortie du premier étage verra le niveau croître à partir de la fréquence de coupure ; comme elle se situera au-delà de la bande audio, cela n'influencera pas la distorsion des signaux audio. Toutefois pour éviter de voir la limite de slew-rate avec la saturation du

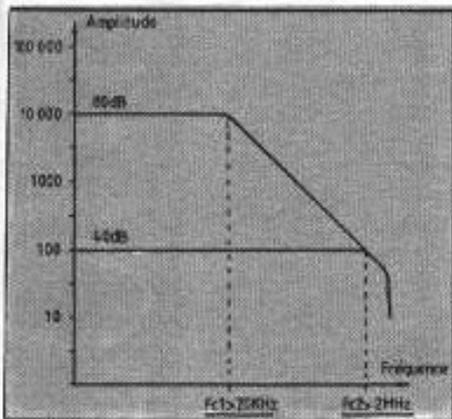


Fig. 26 : Objectifs de bande passante pour la boucle globale.

premier étage et pour obtenir un fonctionnement linéaire (tout en protégeant notre amplificateur de signaux radio parasites) nous utiliserons en entrée un filtre passe-bas (voir la figure n° 28). Pour lutter contre la TIM sur les signaux ultrasonores il faudrait pour ce filtre la même fréquence de coupure que l'amplificateur en boucle ouverte, nous préférons utiliser une fréquence légèrement supérieure pour limiter les rotations de phase dans la bande audio.

Pour la version à classe A quadratique en sortie, le dernier étage intégrera des éléments non-linéaires (même si leur action conjuguée cherche à être linéaire) qui comporteront des boucles ; or qui dit non-linéarité, dit variation de

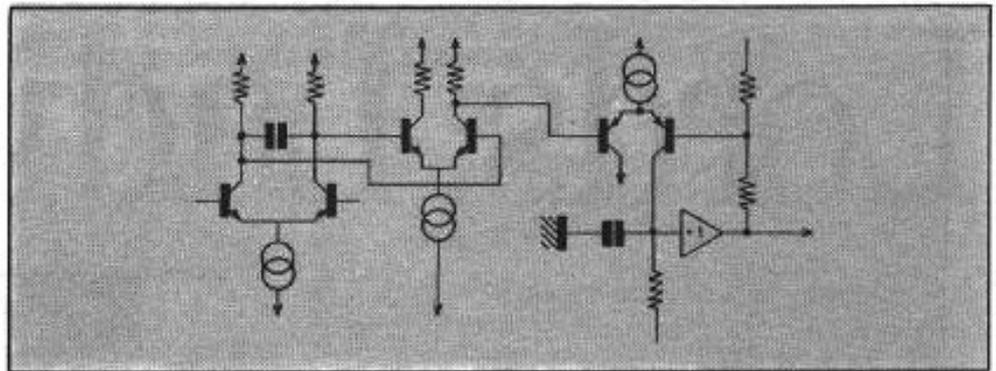


Fig. 27 : Principe du reboilage global : coupure principale dans le premier étage.

gain ! Cette variation de gain va limiter notre marge de manœuvre en fréquence et nous risquons d'obtenir un étage de sortie avec une bande plus faible que celle du circuit en classe A linéaire. Une telle éventualité

la figure n° 29) permet de reboiler aux fréquences élevées la sortie de l'étage driver au lieu de la sortie de l'étage suiveur de sortie et ainsi de s'affranchir des limitations de bande de l'étage de sortie dans la boucle.

Conclusion

Nous voici maintenant prêts pour nous attaquer à notre amplificateur. Comme cela transparaît, sans doute un peu dans cet exposé, je suis un chaud partisan de l'usage de la contre-réaction (l'amplificateur sera une poupée russe de boucles de contre-réaction) mais je ne suis pas un partisan aveugle ; la contre-réaction est très utile, mais elle a ses limites et ne dispense pas d'être vigilant sur tous les détails de conception et de réalisation.

Nos premières expérimentations subjectives semblent donner raison à ce point de vue et en attendant l'aboutissement de nos recherches sur de nouvelles mesures plus conformes à la perception de nos oreilles, la réalisation et l'écoute de notre amplificateur devrait nous aider à y voir (à y entendre ?) plus clair.....

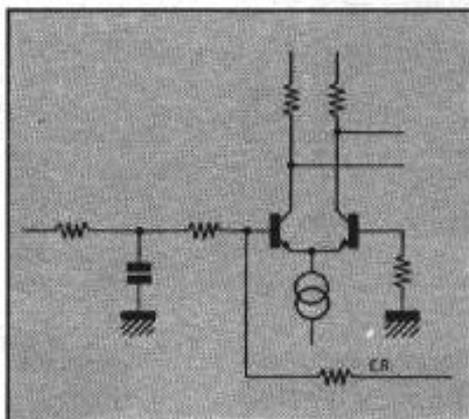


Fig. 28 : Filtre d'entrée.

remettrait en cause toutes nos solutions à cause des problèmes de stabilité.

Une solution à ce problème serait alors le montage proposé par W. M. Leach dans "Feed-forward Compensation of the Amplifier Output Stage for Improved Stability with Capacitive Loads" (IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 34 n° 2, mai 1988). Cette idée (voir

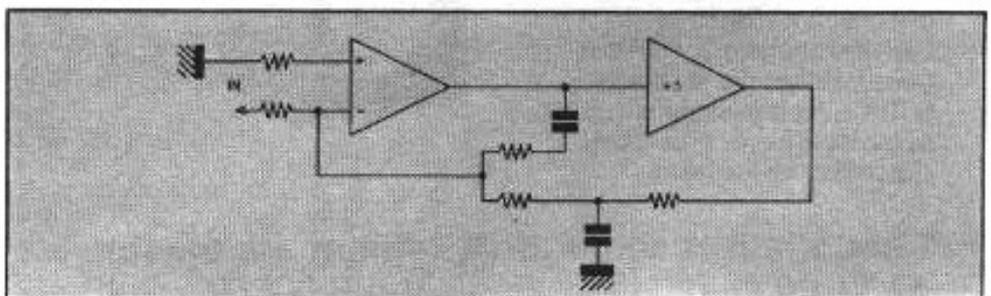
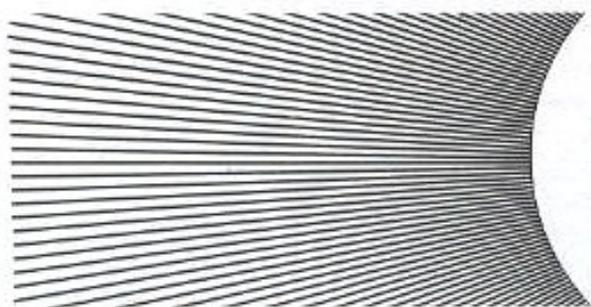


Fig. 29 : Un moyen de s'affranchir des limitations de bande du dernier étage.

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**



QU



En avant-première, le prototype de l'intégré Triangle A01,

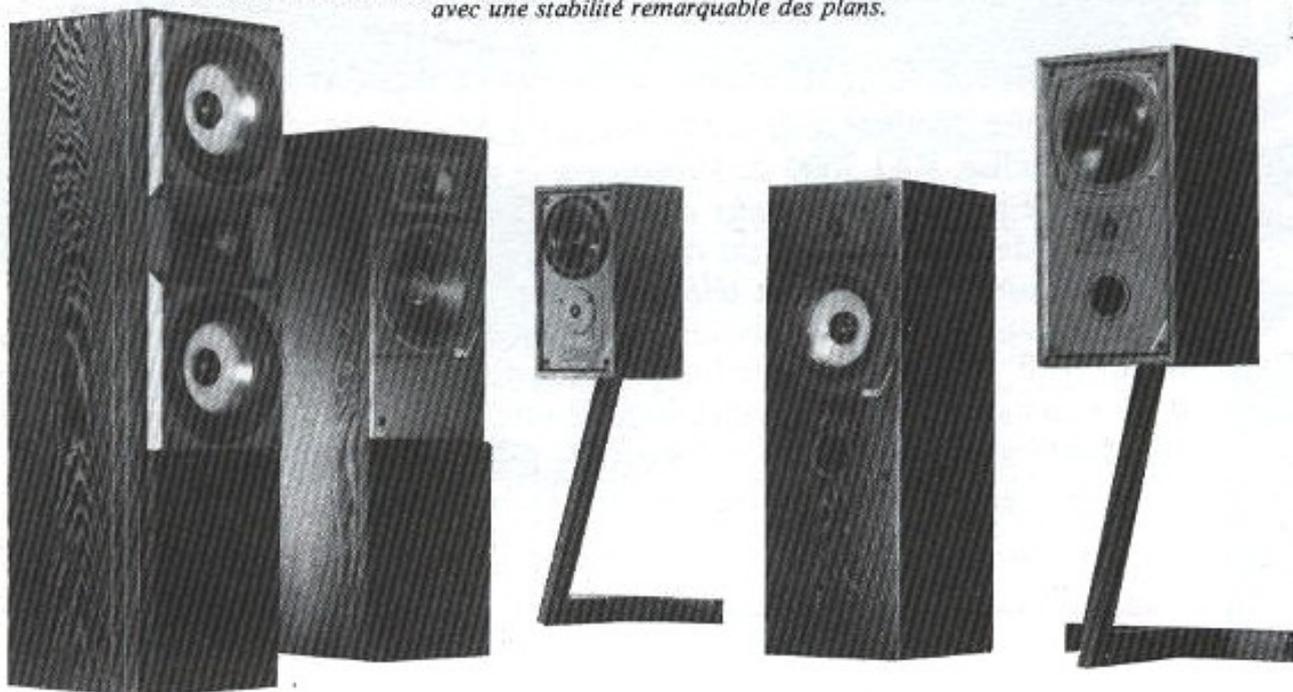
bel objet 100 % français dont les lignes sortent vraiment des sentiers battus. Mais ne vous précipitez pas déjà chez votre spécialiste, il sera commercialisé mi-juin. En attendant, vous pourrez peut-être écouter la version commercialisée sur le stand Triangle au cours des Journées de la Haute-Fidélité.

P.V.

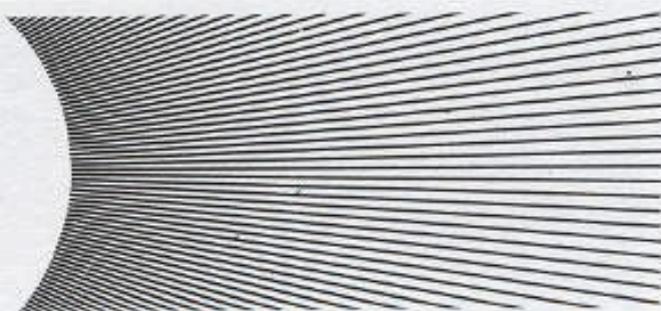
Le temps domestiqué avec la nouvelle génération des enceintes Mission 700.

De nombreux constructeurs d'enceintes acoustiques ont étudié les problèmes de propagation de groupe à partir de systèmes à plusieurs haut-parleurs afin que l'information musicale arrive « dans le bon ordre » à l'auditeur. Mission, sur sa nouvelle génération d'enceintes 2 voies a réussi, grâce à une configuration spéciale de filtre, à obtenir une phase linéaire, procurant une cohérence sonore remarquable favorable à la notion de relief sonore. Ecoute à l'appui, cela « fonctionne » très bien avec une stabilité remarquable des plans.

P.V.



IDD



J.B.R.

Cela ne vous dit peut-être rien pour l'instant ; cependant nous sommes sûrs que cette nouvelle marque française d'électroniques va faire parler d'elle dans très peu de temps.

Son lecteur CD-01 possède une musicalité exceptionnelle grâce à un circuit spécifique de décodage de configuration originale (18 bits) qui procure un très haut pouvoir de définition.

L'intégré et le tuner sont de la même veine pour constituer un ensemble de prix encore abordable, hautement musical avec une capacité dynamique stupéfiante. A écouter.

P.V.

Avec la réussite de la dernière mission de la navette Discovery, les Américains ont encore prouvé leur maîtrise dans les airs.

En haute-fidélité aussi, ils prouvent leurs talents dans ce domaine en commercialisant la première platine tournedisque (vinyl) Versa Dynamics dont le plateau et le bras tangentiel sont totalement montés sur coussin d'air, un monstre d'une centaine de kilos bardé de compresseurs, géré par une centrale à microprocesseur, tout cela pour un prix... astronomique de 140 000 F !

Toujours dans le domaine aérien, mais en FM cette fois, le nouveau tuner Sequerra qui allie technologie au plus haut niveau, musicalité et design futuriste pour un prix... éthéré de 95 000 F !

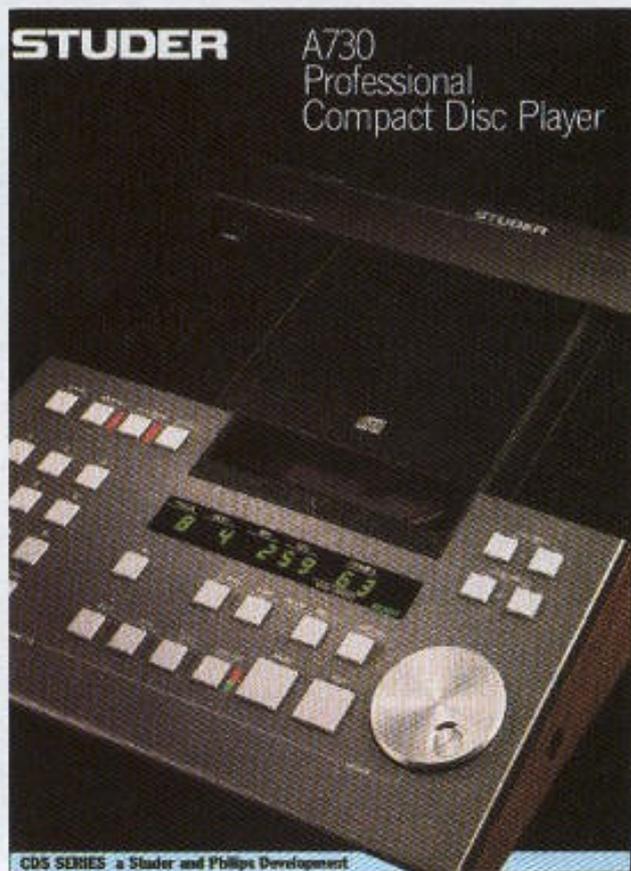
Ces deux merveilles seront, avec quelques autres (le DAT Nakamichi par exemple), en démonstration à « Musique dans le Marais » du 7 au 10 avril, et chez Présence Audio Conseil 51, rue St-Louis-en-l'Île 75004 Paris en permanence par la suite.

V.C.

Ce lecteur CD professionnel, Studer A730

s'est vu décerné par la revue japonaise Stereo Sound le titre de meilleur lecteur CD par un jury de nombreux experts qui ont passé en revue tous les matériels de haut de gamme. Son mécanisme professionnel pour un usage intensif offre un accès ultra-rapide à n'importe quelle plage avec possibilité de « cueing », variation de vitesse de $\pm 10\%$. A signaler que les convertisseurs 16 bits de haute résolution sont sélectionnés individuellement dans les laboratoires Studer pour un maximum de linéarité, ceci expliquant peut-être cela.

P.V.





Le grand son des panneaux électrostatiques Sound Lab

Les immenses électrostatiques A5 large bande fonctionnent en double push-pull disposent de part et d'autre de panneaux latéraux qui augmentent considérablement l'ouverture de l'image stéréo tout en reculant le phénomène de court-circuit acoustique dans le grave pour descendre jusqu'à 30 Hz. Les panneaux électrostatiques B5 (au centre), spécialisés dans la transcription de l'extrême-grave de 8 Hz (!) à 350 Hz peuvent compléter les A5 pour réaliser un système sans compromis où la définition, l'ampleur de l'image stéréo, avec une focalisation précise, atteignent des sommets.

P.V.

Ils sont fiers de la Canterbury.

Tout le staff technique de Tannoy vous présente leur dernière nouveauté : la Canterbury 15 qui bénéficie d'un tout nouveau haut-parleur coaxial de 38 cm avec circuit magnétique surpuissant en Alcamax 3 dont l'énergie magnétique est très nettement supérieure aux ferrites habituelles. Le filtre a fait aussi l'objet de soins particuliers, entièrement câblé en Van den Hull et en l'air. Les événements de surface variable peuvent être accordés en fonction de la réponse dans le grave que l'on désire.

P.V.



CD California Audio Labs Tempest II SE. Où s'arrêteront-ils ?

Le lecteur CD California Audio Labs, première version, avait défrayé en son temps la chronique par un étage de sortie entièrement à lampes. Il était à l'époque considéré comme une référence en matière de douceur et de musicalité. On croyait dès lors qu'il était difficile de faire mieux et pourtant, il y eut ensuite le Tempest II et voici que California Audio Labs nous présente le Tempest II SE. Nous l'avons écouté, torturé, tous nos disques tests y sont passés. Conclusion : cet appareil est une réussite admirable, un lecteur exceptionnel que nous serions enclins à considérer comme le meilleur entendu jusqu'à présent sur les critères de la richesse et du fruité ! Défi à relever...

C.B.

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

48

ENCEINTES ACOUSTIQUES



*e panorama des amplis publié dans notre n° 3
a obtenu un grand succès.*

*En effet, les critères retenus pour ces panoramas correspondent
à ce qu'attendent les audiophiles pour leurs choix.
Cette fois encore, c'est avec une démarche semblable
que nous avons abordé les enceintes acoustiques.*

*Que soient remerciés et félicités
Patrick Vercher et son équipe pour
le travail considérable qu'a demandé
un tel inventaire
ainsi que les annonceurs
qui nous ont permis cette réalisation .*

*Ce panorama se veut un hommage
à Joseph Léon.*

*Cette année, trois trophées offerts par L'Audiophile
seront remis dans le cadre des Journées de la Haute-Fidélité.*

Ils distingueront trois entreprises :

- *la mise en œuvre la plus remarquable
d'une ou plusieurs technologies ;*
- *une jeune entreprise française
créée depuis moins de 5 ans ayant déjà
montré son savoir-faire ;*
- *le stand le mieux aménagé et
le plus esthétique du salon
des Journées de la Haute-Fidélité.*

*Un compte rendu détaillé de cette remise de trophées
sera publié dans notre revue de mai.*

E.P.

enceintes dites
de bibliothèque

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

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

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

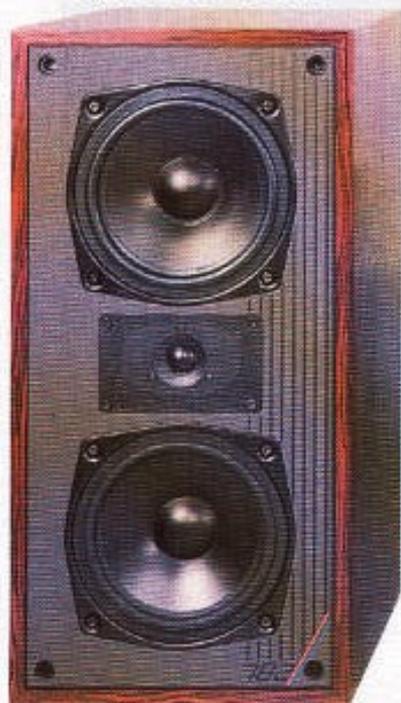


SONUS FABER
Type : MINIMA FM2

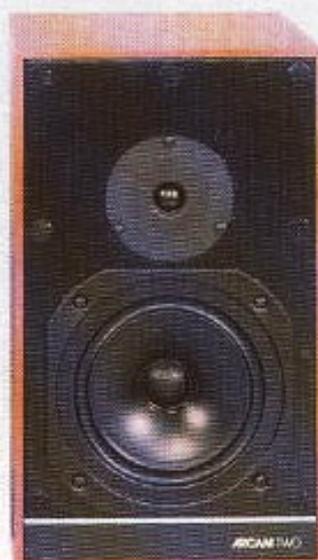
Marques	Pages	HEYBROOK	84
A & R	84	INFINITY	88
3A	86	JM REYNAUD	87
ACOUSTIC RESEARCH	85	JBL	87
ACOUSTAT	90	JM LAB	87
APOGEE	90	KLIPSCH	86
AUDIO REFERENCE	86	MAGNAT	88
AUDIOSTATIC	89	MAGNEPAN	89
AUDIOSTYLE	85	MARTIN	
AUDITOR	87	LOGAN	89
AW AUDIO	89	MULIDINE	87
CABASSE	86	MORDAUNT	
CARVER	90	SHORT	85
CANTON	88	PRO-AC	85
CELLO	88	P.E. LEON	87
CHARIO	85	QUAD	90
CONFLUENCE	86	QUART	87
CYRUS	84	REVOX	88
DENON	85	ROGERS	84
DYNAUDIO	85	SOUND LAB	78
ELIPSON	87	SONY	85
EQUATION		STEREOLITH	88
EUROPE	88	SONUS FABER	84
GUISTON	85	SYNONYME	88
GOLDMUND	86	TANNOY	86
		TRIANGLE	86
		VIETA	87



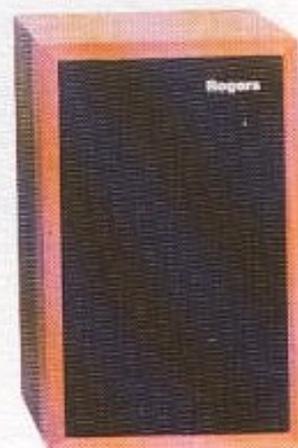
HEYBROOK
Type HB 200



CYRUS
Type 782



A et R
Type ARCAM II



ROGERS
Type BBC-LS 3/5 A



MORDAUNT SHORT
Type MS 35T1



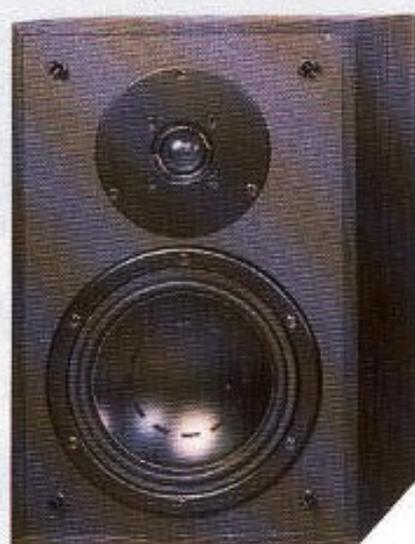
AUDIOSTYLE
Type PREMIUM



PRO-AC
Type SUPER-TABLETTE



SONY
Type APM-22 ES MK II



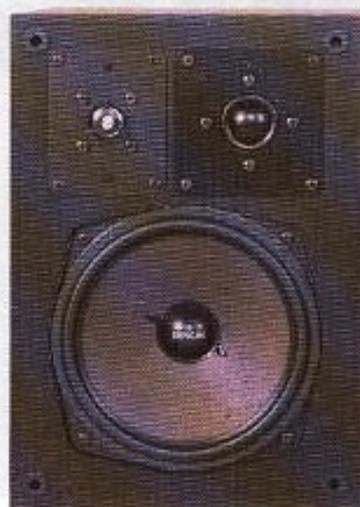
DYNAUDIO
Type IMAGE II



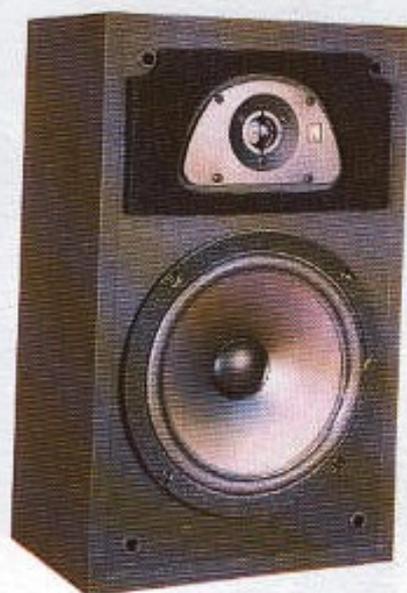
GUISTON
Type 21 b



CHARIO
Type HIPER I



DENON
Type SC 300



ACOUSTIC RESEARCH
Type 210

enceintes acoustiques
à poser au sol



KLIPSCH
Type CHORUS CHR-W0



CABASSE
Type ALBATROS VI quadri-amplifiée



GOLDMUND
Type APOLOGUE



TANNOY
Type DC 2000



TRIANGLE
Type ELYPSE



CONFLUENCE
Type CANTILENE



3A
Type MASTER V



AUDIO REFERENCE
Type 66 DC



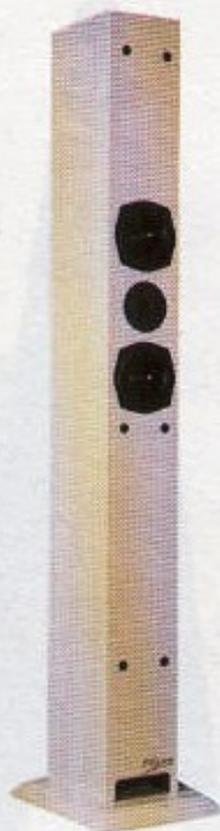
MULIDINE
Type ARCADE



VIETA
Type ORFEO-PRESTIGE



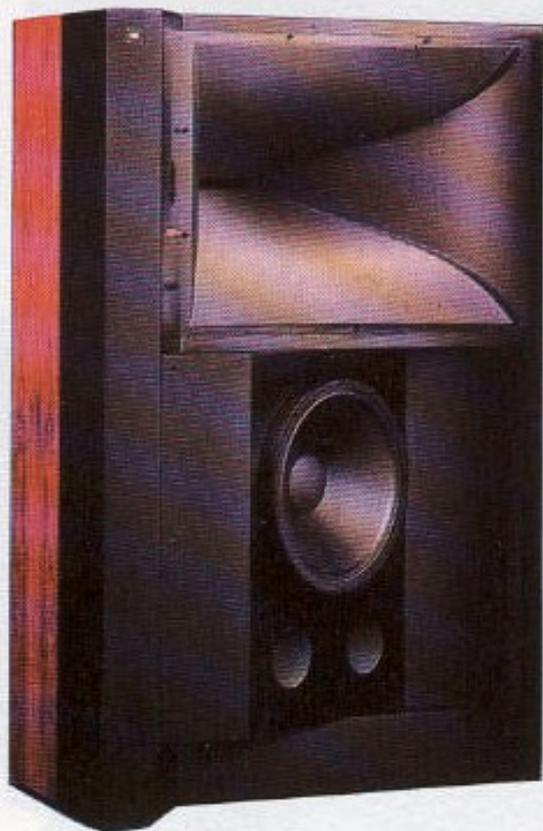
J.-M. REYNAUD
Type RECITAL



ELIPSON
Type COLONNE DESIGN



PIERRE ETIENNE LEON
Type ML 3



J.B.L.
Type PROJECT EVEREST



AUDITOR
Type DIMENSION 9



J.M. LAB
Type 715 ORIANE K2



QUART
Type 980S série



EQUATION
Type EQUATION 2



MAGNAT
Type BETA



STEREOLITH
Type DUETTO



CELLO
Type AMATI



SYNONYME
Type EFX E



CANTON
Type CT 100



REVOX
Système PICCOLO

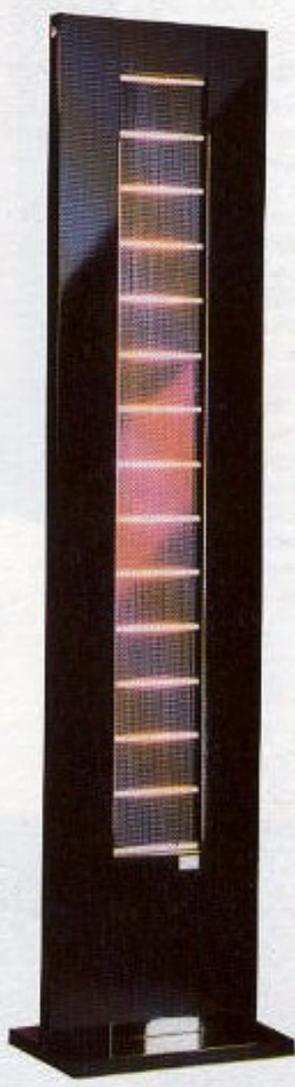


INFINITY
Type KAPPA 8

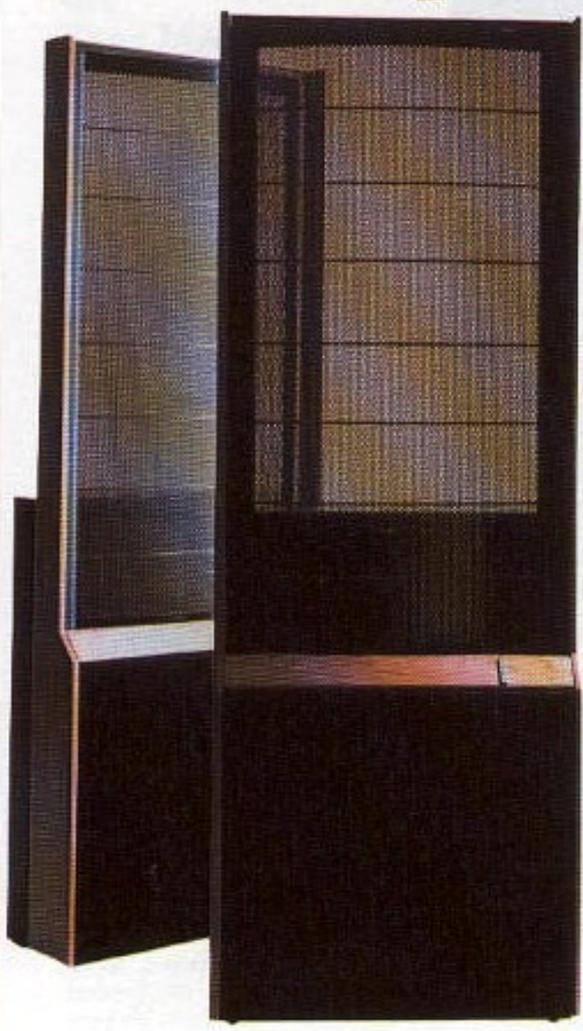
panneaux acoustiques



AW AUDIO
Type PA 12.2



AUDIOSTATIC
Type ES 300



MARTIN-LOGAN
Type MONOLITH



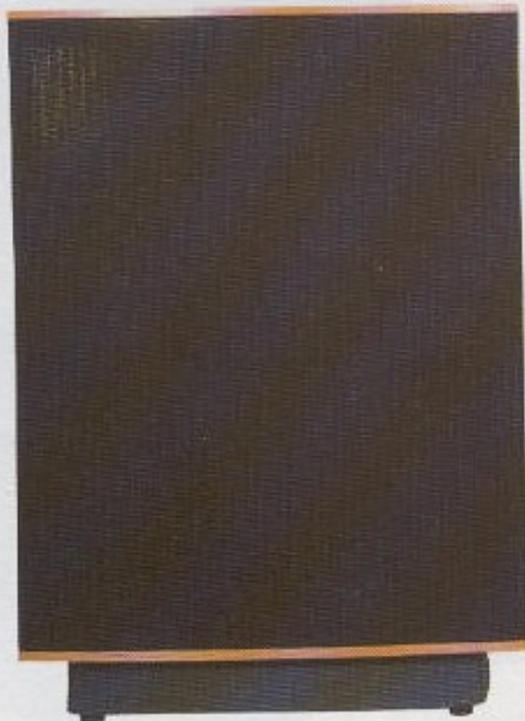
MAGNEPAN
Type MG 2.5/RT



ACOUSTAT
Type SPECTRA 22



APOGEE
Type DUETTA



QUAD
Type ESL 63



CARVER
Type AMAZING

Nous précisons que toutes ces enceintes ont fait réellement l'objet d'écoute soit dans le cadre de nos bancs d'essais de la Nouvelle Revue du Son, soit individuellement pour ce numéro de L'Audiophile. Nous avons retenu chez chaque constructeur le modèle à notre avis le plus significatif et original sur le plan technique et de l'écoute.

A et R Type ARCAM II

Prix indicatif : 4 180 F la paire. Dimensions : H 37,8 L 22,3 P 28,1 cm. Système : 2 voies. Charge : bass reflex. Impédance : 8 ohms. Puissance : 70 W.

Le système A et R Arcam II à deux voies (grave médium 18 cm avec cône Cobex et tweeter à dôme hémisphérique souple) de dimensions très compactes bénéficie d'une balance tonale remarquable. L'équilibre entre les deux extrémités du spectre est à citer en exemple, avec une répartition uniforme de la dynamique et un pouvoir d'analyse extraordinaire. Les messages les plus complexes sont transcrits avec une précision hallucinante par rapport à la taille de l'enceinte. Les Arcam II sont équipées d'un double bornier pour le bicâblage ou la biamplication. Nous conseillons vivement la technique du bicâblage, on gagne encore plus en définition et en ouverture avec un grave encore plus rapide et bien tenu. L'une des meilleures deux voies compactes actuellement disponibles.

3A Type MASTER V

Prix indicatif : 12 000 F la paire. Dimensions H 105 L 31,5 P 37 cm. Principe de charge : symétrique avec évent. Puissance : 250 W. Nombre de voies : 4. Impédance : 8 ohms. Efficacité : 98 dB/1 W/1 m.

La Master V, système 4 voies sous forme de pyramide tronquée est constituée de deux coffrets, l'un renforçant le caisson sous-grave avec deux haut-parleurs de 21 cm montés en push-pull à couplage séparé avec charge symétrique plus haut-grave bas-médium et l'autre la tête médium-aigu totalement découplée mécaniquement. Le filtre a été parfaitement optimisé en tenant compte de la phase et de la réponse en énergie à différentes distances par rapport à l'enceinte. Le résultat : un véritable exploit en matière de superbe musicalité grâce à une grande linéarité de restitution sonore avec une palette très riche de timbres qui s'étend de l'extrême-grave très dense à l'aigu raffiné, avec un heureux équilibre de niveau. Les Master V proposent une esthétique sonore rigoureuse qui a de quoi satisfaire les plus difficiles amateurs de concerts en direct. Un système vraiment enthousiasmant proposé à un prix très concurrentiel.

ACOUSTIC RESEARCH Type 210

Prix indicatif : 2 380 F la paire. Dimensions : H 35 L 24 P 24 cm. Système : 2 voies. Charge : suspension acoustique. Puissance : 80 W. Impédance : 8 ohms. Efficacité : 88 dB/1 W/1 m.

La firme américaine Acoustic Research est la première à avoir mis au point il y a plus de 30 ans le principe de la suspension acoustique pour la charge du haut-parleur grave. Cette technique a permis de réduire considérablement le volume des enceintes tout en obtenant une bonne réponse avec du niveau dans le grave avec un minimum de distorsion. La 210 reprend ce principe de charge pour un haut-parleur de 21 cm à large débattement avec tweeter à profil mixte pour une très large diffusion. On retrouve naturellement les caractéristiques de neutralité des timbres qui ont fait le succès d'A.R. avec, sous un aussi faible volume, une capacité dynamique plus que surprenante. On peut pousser le volume cela tient parfaitement sur les pointes de modulation sans écrêtage et avec un sens de l'ouverture permanent. L'équilibre entre le grave et l'aigu est très réussi, aucune fatigue auditive n'est à craindre pour ce petit système deux voies d'une très grande distinction sonore. Toute l'expérience d'A.R. se reflète dans cette enceinte très abordable, à la finition hors pair.

téristiques de neutralité des timbres qui ont fait le succès d'A.R. avec, sous un aussi faible volume, une capacité dynamique plus que surprenante. On peut pousser le volume cela tient parfaitement sur les pointes de modulation sans écrêtage et avec un sens de l'ouverture permanent. L'équilibre entre le grave et l'aigu est très réussi, aucune fatigue auditive n'est à craindre pour ce petit système deux voies d'une très grande distinction sonore. Toute l'expérience d'A.R. se reflète dans cette enceinte très abordable, à la finition hors pair.

ACOUSTAT Type SPECTRA 22

Prix indicatif : 28 000 F la paire. Dimensions : H 165 L 42 P 5,5 cm. Puissance : 200 W. Charge : baffle plan électrostatique en doublet.

Depuis ses origines la firme Acoustat a toujours été spécialisée dans la réalisation de haut-parleurs électrostatiques.

La Spectra 22 est un électrostatique large bande à associer à un ampli ayant une bonne capacité en courant. Elle révèle toutes les qualités attendues d'un « grand électrostatique » avec une courbe subjective remarquablement régulière sans aucun déséquilibre ascendant risquant « d'assécher » un médium absolument splendide qui permet d'apprécier la belle qualité du grave sans être privé de l'extraordinaire rapidité du principe électrostatique. Sur les masses orchestrales complexes le pouvoir d'analyse révèle un nombre de détails étonnants. Ainsi sur les chœurs chantant fort on n'est jamais tenté de se « ruer » sur le contrôle de volume afin de baisser le niveau car aucune impression de saturation n'est perceptible. Ces superbes systèmes électrostatiques paraissent branchés en direct avec les sources tout en gardant une dimension géométrique correcte aux instruments et avec une vérité émouvante sur les voix.

APOGEE Type DUETTA

Prix indicatif : 105 000 F la paire. Dimensions : H 132,5 L 65 P 7,5 cm. Charge : baffle-plan avec ruban large bande. Impédance : 4 ohms. Puissance : 300 W. Les transducteurs à ruban travaillant en large bande sont extrêmement rares.

Apogée Acoustics, société américaine, a parfaitement maîtrisé tous ces problèmes et propose une gamme de systèmes large bande à ruban, dont la réputation d'excellence n'est plus à faire. Rappelons que, schématiquement, le principe de fonctionnement est basé sur un ruban métallique qui reçoit la modulation de l'ampli et qui joue dans l'entrefer de barreaux aimantés alternativement de sens opposés. Par la légèreté de l'équipage mobile, la réponse transitoire est fantastique (même dans le grave) avec absence totale de traînage.

Pour éviter certaines formes de résonances la forme trapézoïdale a été adoptée pour les diaphragmes de grave. Etant donné qu'ils travaillent dans le champ de fuite, les circuits aimantés sont impressionnants : plus de 75 kg !

L'écoute de l'Apogée Duetta Signature vous transporte dans un autre monde sonore où l'impression de naturel, de liberté des sons, de transparence dépassent l'entendement. C'est absolument splendide. La panorama sonore est superbe

AUDIO REFERENCE Type 66 DC

Prix indicatif : 11 560 F la paire. Dimensions : H 100 L 32 P 35,5 cm. Principe de charge : bass reflex. Puissance : 150 W maxi. Nombre de voies : 2. Efficacité : 95 dB/1 W/1 m.

L'Audio Reference 66 DC est une enceinte deux voies utilisant trois haut-parleurs dont deux grave-médium de 21 cm

avec membrane en fibres de carbone tressées. Le lecteur remarquera que ces deux grave-médium encadrent le tweeter. L'écoute se caractérise par une courbe subjective très régulière. Ici pas de creux ni de zone floue dans le médium, le volume important dévolu aux deux 21 cm permet à la 66 DC de donner une sensation de son bien charpenté avec beaucoup de corps et une capacité impressionnante à tenir un niveau acoustique élevé sans que jamais la moindre amorce de talonnement ne soit perçue. Le haut du spectre procure des attaques franches et rapides avec une nature d'aigu réunissant finesse, légèreté et impacts sur les transitoires. Le plus marquant sur la 66 DC reste le parfait positionnement de l'image stéréo qui s'étale bien en largeur, légèrement en arrière du plan des enceintes. Peu gourmandes en puissance, elles fonctionnent déjà très bien avec tous les petits intégrés musicaux. La puissance admissible très élevée (150 W) associée à un rendement de 95 dB, donne déjà une idée de l'incroyable capacité dynamique de ce système bien élaboré.

AUDIOSTATIC

Type ES 300

Prix indicatif : 33 000 F la paire. Dimensions : H 190 L 43 P 5 cm.

Les panneaux électrostatiques Audiostatic large bande ES 300 ont une esthétique très raffinée qui leur permettent de s'intégrer dans les décors les plus variés. Ce transducteur fonctionne en large bande push-pull avec circuit breveté spécial pour obtenir un niveau étonnant dans le grave plus deux transformateurs adaptateurs d'impédance pour transmettre le signal aux électrodes avec une meilleure symétrie.

Les ES 300 fournissent une image stéréo remarquablement stable, avec une ampleur surprenante par rapport à la taille des transducteurs. L'équilibre entre les deux extrémités du spectre est à citer en exemple sans tirer la transcription vers le haut-médium-aigu ni emphase du bas-médium. La qualité des timbres enthousiasmera le mélomane raffiné qui a l'habitude d'aller au concert. Un système électrostatique de grande distinction sonore, avec une image d'une ouverture pas courante et très stable avec une esthétique très réussie.

AUDIOSTYLE

Type PREMIUM

Prix indicatif : 3 200 F la paire. (Photo) modèle pro : 6 200 F la paire. Caisson grave : 3 700 F. Dimensions H 17 L 10,5 P 11 cm. Principe de charge : close. Puissance : 50 W. Impédance : 8 ohms. Nombre de voies : 2. Efficacité : 87 dB/1 W/1 m.

Nous vous avons présenté la Premium dans L'Audiophile n° 3 (voir « Quid ». Cette micro-enceinte est un véritable défi aux lois fondamentales de l'électroacoustique ; imaginez : le haut-parleur grave-médium ne mesure que 8,2 cm de diamètre et bénéficie d'un volume de charge de seulement 0,8 litre. Pour réussir cet exploit, le constructeur a développé des solutions avant-gardistes usant de matériaux extrêmement sophistiqués tels que : membrane en soie imprégnée de carbone et dôme du tweeter en feuille de bore. L'écoute des Audiostyle Premium confirme l'efficacité des moyens employés par notamment un médium sublime, peut-être l'un des plus beaux que nous ayons entendu sur un plan neutralité, douceur et rapidité des attaques. Le phrasé, les couleurs sonores et les nuances sont transcrits avec une fidélité saisissante, l'aigu quant à lui file très haut avec une légèreté et une vivacité proche de celle ressentie avec un bon casque électrostatique. De l'ensemble se dégage une impression de grande fluidité et de limpidité sans frustration vis-à-vis du bas du spectre qui reste équilibré.

Record « mondial » de petite taille pour une enceinte Hi-Fi la Premium procure un plaisir auditif sans rapport avec son volume réel. Surprenant !

AUDITOR

Type DIMENSION 9

Prix indicatif : 6 900 F la paire. Dimensions : H 94,5 L 30,5 P 32,8 cm. Principe de charge : bass reflex évent arrière. Puissance : env. 100 W. Impédance : 8 ohms. Nombre de voies : 3. Efficacité : 91 dB/1 W/1 m.

La société française Auditor vient de créer une toute nouvelle gamme d'enceintes dénommée « Dimension », qui comprend six modèles en 2 et 3 voies, faisant appel à des transducteurs de haute technologie. Les ingénieurs d'Auditor ont mis au point un traitement très particulier de membrane qui consiste en un revêtement composite à base de résine grise et de microbilles de verre extrêmement légères. Ainsi, sans trop alourdir l'équipage mobile, les fractionnements habituels de membrane sont exclus tout en obtenant une excellente vitesse du son dans le matériau.

On obtient d'emblée un équilibre sonore remarquable. En effet, sur ces enceintes, l'écoute s'avère très linéaire du grave à l'aigu avec une facilité déconcertante à reproduire les fréquences extrêmes-graves. Sur les messages nécessitant de forts niveaux, les amateurs de musique moderne ne risquent pas d'être frustrés car la tenue en puissance est véritablement incroyable. L'intelligibilité reste toujours parfaite, sans que la Dimension 9 ne donne l'impression de hurler, ceci est probablement dû à un taux de distorsion très bas qui prouve ainsi l'efficacité du traitement des transducteurs. Une superbe enceinte, très vivante et au rapport agrément d'écoute/prix remarquable.

AW AUDIO

Type PA 12.2

Prix indicatif : 25 900 F. Dimensions : H 148 L 55 P 7 cm. Charge : baffle plan. Système : 2 voies. Impédance : 8 ohms. Efficacité : 91 dB/1 W/1 m. Puissance : 150 W.

Le constructeur français AW Audio propose avec les panneaux PA 12.2 un système baffle plan à 9 transducteurs électrodynamiques en deux voies électriques et 3 voies acoustiques avec filtre de répartition correcteur très sophistiqué. Le résultat : écoute d'une limpidité de transcription que l'on ne rencontre qu'avec des électrostatiques tout en ayant une puissance acoustique et une capacité dynamique digne des plus grands systèmes avec une parfaite notion de l'espace sonore. Le bon rendement des PA 12.2 autorise l'association avec un très large éventail d'électroniques. L'absence de traînage dans le grave, le caractère lumineux du bas médium font ressortir sans tonique désagréable de très nombreux détails qui sont gommés sur les systèmes traditionnels. Si vous ajoutez à cela une tenue en puissance sans problèmes de distorsion passagère, vous êtes bel et bien en présence d'un système de type panneau remarquable à plus d'un titre.

CABASSE

Type ALBATROS VI quadri-amplifiée

Prix indicatif : 182 400 F. Dimensions : H 144 L 45 P 47 cm. Poids : 100 kg. Principe de charge : close. Puissance totale d'amplification : 600 watts. Nombre de voies : 4.

On peut vraiment considérer cette grande enceinte (H 1,44 m et 100 kg) comme l'aboutissement des recherches récentes de Cabasse en matière de système sans compromis. En effet, l'Albatros VI utilise un grand nombre de solutions très sophistiquées comme : asservissement total en vitesse et en accélération pour le grave et bas-médium, membranes dômes structure nid d'abeilles procurant à la fois légèreté et extrême rigidité, mise en œuvre d'un filtrage actif 4 voies (180, 1 000, 5 500 Hz) avec intégrés quatre amplificateurs

dont les puissances sont relatives à la plage de fréquence couverte par chaque transducteur (aigu et haut-médium 100 watts, bas-médium et grave 200 watts). La Cabasse Albatros représente le nec plus ultra en matière de linéarité ; la courbe de réponse arrivant à tenir dans un canal de 3 dB entre 30 et 20 000 Hz. Il est bien évident que l'écoute de « tels monuments » s'avère somptueuse avec la sensation d'être enrobé d'un véritable flot de musique, sans aucune des duretés souvent éprouvées à partir de filtrages passifs. La réponse en énergie d'un bout à l'autre du spectre à reproduire, la répartition de la capacité dynamique, dépassent de très loin les normes couramment observées en matière d'enceintes domestiques. On peut enfin écouter à niveau réaliste sans trace de fatigue auditive et avec une beauté sublime des timbres.

CARVER

Type AMAZING

Prix indicatif : 22 400 F la paire. Dimensions : H 164 L 75 P 3,7 cm. Puissance : 350 W. Impédance : 8 ohms. Efficacité : 85 dB/1 W/1 m. Charge : baffle plan.

Ce grand panneau de forme trapézoïdale reprend le principe de charge baffle plan pour 4 haut-parleurs de 30 cm qui assistent dans l'extrême grave un immense transducteur à ruban large bande qui couvre les fréquences de 18 Hz à 40 kHz. Les Amazing sont capables de reproduire un nombre incroyable de micro-informations avec beaucoup de délicatesse jusque dans les harmoniques supérieures, avec une notion de transparence très rarement rencontrée cela à un prix des plus concurrentiel par rapport aux autres panneaux. Les Amazing descendent remarquablement dans le grave sans trace de coloration de boîte et avec un sentiment de liberté sur les attaques très naturel. Leur placement ne pose pas de problèmes et d'après nos diverses expériences ces grands panneaux sont beaucoup moins susceptibles par rapport à l'acoustique du local d'écoute

CANTON

Type CT 100

Prix indicatif : 23 000 F la paire. Dimensions : H 105 L 32 P 35,7 cm. Principe de charge : bass-reflex. Nombre de voies : 4. Impédance : 4 ohms. Puissance : 180 W. Efficacité : 94,8 dB/1 W/1 m.

Le constructeur allemand Canton propose un très vaste choix d'enceintes acoustiques domestiques ainsi que des systèmes pour automobile. Fabricant ses propres haut-parleurs, il maîtrise parfaitement tous les stades de la fabrication des systèmes d'une finition à tomber à la renverse.

La CT 100 est un système 4 voies d'une rare neutralité, très transparent, avec une très haute précision dans l'analyse des divers registres. La capacité dynamique est impressionnante avec une absence totale d'efforts sur les pointes de modulation. Le grave très ferme et très tendu se trouve parfaitement équilibré par rapport à l'aigu d'une rare finesse aérienne. Superbe esthétiquement, elle s'intégrera parfaitement dans tous les types de décor.

CELLO

Type AMATI

Prix indicatif : 52 800 F la paire. Système avec 2 supports granit et deux paires d'enceintes avec fixations : 158 400 F. Dimensions : H 50 L 67,5 P 25 cm. Puissance : 200 W. Impédance : 8 ohms. Charge : close. Suspension acoustique. Efficacité : 90 dB/1 W/1 m.

L'enceinte Amati de dimensions compactes est le complément idéal des électroniques sans compromis Cello, avec les

célèbres préampli Audio Suite, correcteur Audio Palette et amplificateur Performance. Il s'agit d'un système 3 voies à 9 haut-parleurs, avec grave de 31 cm travaillant en suspension acoustique, 4 médiums et 4 tweeters à dôme hémisphérique disposés de part et d'autre. Le système peut être évolutif avec pied support en granit pour deux paires d'Amati. Le résultat est à la hauteur des moyens déployés, combinant à la fois finesse et distinction des systèmes domestiques les plus sophistiqués avec le punch et la capacité dynamique des enceintes de monitoring professionnelles sous des dimensions encore raisonnables. Tous les types de musique passent sur les Amati avec une vérité et une dynamique stupéfiantes, surtout en conjugaison avec les fantastiques électroniques Cello.

CHARIO

Type HIPER 1

Prix indicatif : 3 590 F la paire. Dimensions : H 30 L 20 P 27 cm. Principe de charge : bass reflex. Puissance : 80 W. Impédance : 8 ohms. Nombre de voies : 2. Efficacité : 88 dB/1 W/1 m.

Une lacune vient d'être comblée avec la récente arrivée en France de la gamme d'enceintes conçue par la firme italienne Chario. Très appréciées en Europe et au Japon, elles nous parviennent auréolées d'une prestigieuse réputation de qualité.

Les deux haut-parleurs grave-médium et tweeter sont étudiés et réalisés par la firme Chario. Le filtre très élaboré comporte trois énormes selfs insaturables et des capacités polyester. La coupure s'effectue à 2,5 kHz à raison de 12 dB par octave.

L'écoute de cette très belle petite italienne, confirme la distinction que lui a accordé la revue japonaise Stereo Sound, l'équilibre est magnifiquement réussi, elle parvient, malgré ses petites dimensions, à vous transporter sur le lieu de la prise de son. Les qualités sont d'emblée évidentes : pouvoir d'analyse poussé, équilibre tonal, dynamique étonnante compte tenu du volume et du rendement, fidélité des timbres, etc. Aucun de nos disques tests n'a mis les Hyper 1 en échec. C'est un coup de maître, une réussite totale au rapport qualité/prix exceptionnel. Le meilleur conseil que nous puissions vous donner : écoutez-les avant toute décision d'achat dans cette gamme de prix. Nous sommes enclins à penser que vos constatations rejoindront les nôtres.

CONFLUENCE

Type CANTILENE

Prix indicatif : 9 400 F la paire. Dimensions : H 87 L 24 L 40. Principe de charge : bass-reflex. Puissance 100 W. Impédance : 8 ohms. Nombre de voies : 3 électriques (double bobine), biamplifiable. Efficacité : 90 dB/1 W/1 m.

Attention ! Réussite totale, devrions-nous annoncer, car il s'agit bien de cela ! La Cantilène est une enceinte comme on en entend peu, synthèse idéale pour obtenir le prix d'excellence, le « César » de l'homogénéité. Depuis son arrivée sur le marché, elle ne récolte que des louanges.

Grâce à un savant dosage entre de nombreux paramètres : énergie, réponse transitoire, cohérence de phase, lobes de directivité réguliers, distorsion minimale et équilibre tonal peaufiné, cette enceinte remporte l'unanimité auprès des critiques des revues spécialisées. Le résultat sonore procuré par la Cantilène est sans rapport avec son encombrement et la taille de ses haut-parleurs ; c'est simplement époustoufflant, sans aucun côté spectaculaire ni accrocheur, elle parvient à vous restituer une grande partie des émotions ressenties au concert. Placement des instruments, timbres, dynamique vraie, jeu subtil des interprétations ! Que de superlatifs, direz-vous... Alors, arrêtons là il vous suffit d'écouter la Cantilène et vous comprendrez notre enthousiasme.

CYRUS

Type 782

Prix indicatif : 3 490 F la paire. Dimensions : H 50 L 25 P 33 cm. Système : 2 voies. Impédance : 4 ohms. Puissance : 150 W. Efficacité : 89 dB/1 W/1 m.

L'enceinte Cyrus type 782 fait partie d'une nouvelle génération de systèmes 3 voies de dimensions compactes équipés d'un double bornier pour la bi-amplification passive ou le bicâblage. Le filtre à masse séparée pour les cellules grave et cellules aigues autorise ces diverses combinaisons de branchement qui apportent à l'écoute un plus indéniable. En bicâblage, le grave paraît plus ferme, mieux amorti et autour de la fréquence relais avec le tweeter, l'ouverture sonore est extraordinaire. La Cyrus 782 apparaît très polyvalente dans son utilisation, mais aussi sur tous les types de musique avec une capacité dynamique bien répartie sur l'ensemble du spectre. La tenue en puissance est remarquable avec un minimum de distorsion et une très grande clarté générale.

DENON

Type SC 300

Prix indicatif : 2 700 F la paire. Dimensions : H 32 L 22,5 P 21,5 cm. Système : 3 voies. Charge : close. Impédance : 4 ohms. Sensibilité : 88 dB/1 W/1 m.

Réalisée à partir d'un cahier des charges très sévère la Denon SC 300 est certainement l'une des plus petites trois voies actuellement disponibles. Le haut-parleur grave de 17 cm à membrane en pulpe de cellulose est relayé à 800 Hz par un médium à dôme souple de 2,5 cm. L'aigu, au-delà de 5 000 Hz, est confié à un tweeter à dôme d'1,7 cm rigide avec suspension souple. L'ensemble est très linéaire, avec une superbe précision sur les attaques et une absence totale de trainage. Ce petit système trois voies très lumineux passe au crible toutes les informations avec une définition que l'on ne rencontre que sur des systèmes beaucoup plus volumineux et plus onéreux. La tenue en puissance est extraordinaire, avec une linéarité conservée et sans projection en avant du médium. Les SC 300 Denon sont à découvrir sans a priori, elles le méritent, la qualité exceptionnelle de ses transducteurs se reflète immédiatement à l'écoute.

DYNAUDIO

Type IMAGE II

Prix indicatif : 3 490 F la paire. Dimensions : H 34 L 22 P 24 cm. Principe de charge : close. Puissance : 100 watts. Impédance : 8 ohms. Nombre de voies : 2. Efficacité : 87,5 dB/1 W/1 m.

Nouvelle version de la désormais célèbre Image, l'Image II bénéficie de modifications destinées à améliorer le secteur grave qui nous avait pourtant déjà beaucoup impressionnés sur le premier modèle.

Cette enceinte, dans un volume très réduit avec son boomer de 17 cm est capable de rivaliser avec des enceintes de plus grand volume quant à l'énergie et à la réponse dans les basses fréquences. L'Image II reprend exactement les cotes et les transducteurs de son aînée, par contre le coffret aux parois en aggloméré haute densité de 16 mm d'épaisseur bénéficie sur trois de ses faces d'un revêtement de bitume. Ce traitement réduit considérablement les vibrations des dites parois. Bien installées sur des pieds d'environ 60 cm, les petites Dynaudio procurent un très grand plaisir auditif, avec une tenue en puissance incroyable. On croirait vraiment écouter une enceinte de plus grand volume. La partie du spectre au dessous de 125 Hz reste toujours bien articulée sans le flou parfois évident sur la plupart des mini.

Les attaques sont ultra-rapides avec un sentiment de soyeux dans le médium et un prolongement des notes dans

l'aigu qui confirment que le tweeter Dynaudio D21 reste l'un des plus « doués » du marché. L'homogénéité de diffusion sonore est un modèle du genre. Les Image II constituent certainement l'une des meilleures affaires, sinon la meilleure, à moins de 3 500 F la paire.

ELIPSON

Type COLONNE DESIGN

Prix indicatif : 12 000 F la paire, finition bois : 13 000 F la paire. Dimensions H 150 L 15 P 15 cm. Système : 3 voies 4 haut-parleurs. Impédance : 8 ohms. Efficacité : 90 dB/1 W/1 m.

L'enceinte Colonne Design d'Elipson est originale à plus d'un titre, dans son esthétique superbe et dans son principe de charge. On retrouve le principe du double résonateur accordé pour le médium de 13 cm et chargé symétrique pour le haut-parleur grave dirigé vers le bas. Le haut-parleur grave à l'avant de la colonne est branché en parallèle avec celui du bas en couplage mutuel pour lisser toutes les petites irrégularités. La mise en phase du tweeter est assurée par une petite ligne de retard incorporée au filtre.

Un très bel équilibre sonore se dégage de ce système avec une ouverture fantastique. La mise en phase et la répartition spatiale homogènes procurent de nouvelles sensations d'écoute où la vérité des timbres associée à une restitution aérienne procure une esthétique sonore d'un agrément exceptionnel.

EQUATION

Type EQUATION 2

Prix indicatif : 22 000 F la paire. Dimensions : H 106 L 32 P 32 cm. Charge : amortissement progressif. Puissance : 100 W. Impédance : 8 ohms. Nombre de voies : 2. Efficacité : 89 dB/1 W/1 m.

Trois modèles d'enceintes sont au catalogue de ce constructeur belge, l'Equation II se situant en milieu de gamme.

Toutes les résonances de coffret ont été parfaitement maîtrisées par les parois de densité différente.

L'Equation II, dont nous disposons est la toute dernière version, encore améliorée par rapport à celle que nous avons écoutée en décembre et les résultats d'écoute atteignent réellement un très haut niveau sous un volume relativement modeste.

Aussi bien en définition qu'en image stéréo, les Equation II arrivent à surprendre par une notion de relief sonore en trois dimensions qui colle véritablement à la source. On atteint ainsi sur les disques joués une ampleur sonore remarquable sur tous les types de musique sans aucune mesure avec des enceintes. Par leur magnifique équilibre tonal entre les deux extrémités du spectre, leur très bonne tenue en puissance, les Equation II s'inscrivent au sein des grands systèmes dont la superbe transcription en trois dimensions est véritablement enchanteresse.

JM LAB

Type 715 ORIANE K2

Prix indicatif : 18 900 F la paire.. Dimensions H 115 L 36,5 P 38 cm. Puissance : 200 W. Impédance : 8 ohms. Nombre de voies : 4. Efficacité : 95 dB/1 W/1 m.

Cette enceinte devrait sans conteste être l'un des « clous » des Journées de la Haute-Fidélité d'avril. Haut de gamme Focal, la 715 Oriane est une réalisation qui constitue l'aboutissement de la technique Polykevlar « K2 » introduite en 1987 par JM Lab. Les membranes des quatre haut-parleurs étant en Kevlar, on peut s'attendre à une bonne homogénéité de son dans toute la bande audio.

Trois transducteurs parmi les quatre retenus se distinguent

par leur membrane réalisée en sandwich de deux familles de Kevlar et de microbilles de silice mélangées à de la résine. Ce brevet détenu par JM Lab est issu d'une technologie de pointe de structure. Les avantages concrets de ce nouveau matériau sont : véricité impressionnante de la palette des timbres, absence de traînage ou d'échos indésirables et parfaite stabilité de l'image sonore avec une superbe cohésion entre tous les haut-parleurs de même nature de son. Les fréquences de coupure sont 180 Hz, 550 Hz et 4 kHz. Une écoute certainement grandiose.

GUISTON

Type 21 b

Prix indicatif : 5 980 F la paire. Dimensions H 33 sur 12 x 12 cm. Principe de charge : close. Puissance : 60 W protection par fusibles. Impédance : 8 ohms. Nombre de voies : 3. Efficacité : 88 dB/1 W/1 m.

Les réalisations Guiston sont chaque fois très originales. La présentation très particulière de l'enceinte 21 b pourrait, de loin, la faire passer pour un objet de décoration car rien ne peut laisser supposer qu'il s'agit d'une enceinte acoustique, pourtant dès les premières notes de musique, la façon dont la mélodie se diffuse dans la pièce, surprend. La 21 b possède la formidable faculté de distiller les sons sans aucune projection grâce à un rayonnement sur 360°.

A l'écoute, on remarque d'abord un excellent équilibre du grave à l'aigu et aucune remontée ne peut être perçue, le bas-médium et le grave sont d'une superbe facture, ceci même sur les instruments nécessitant une reproduction énergique comme la contrebasse. L'absence de directivité produit par ailleurs un effet spatial et stéréophonique impressionnant, la profondeur ressentie allant bien au-delà des murs arrières et latéraux. Compte tenu de la taille miniature de cette enceinte, les résultats sont réellement de très haut niveau ; à découvrir.

GOLDMUND

Type APOLOGUE

Prix indicatif : 360 000 F la paire. Système : 4 voies. Dimensions : H 200 L 65 P 70 cm. Poids : 340 kg !. Puissance : 250 W. Charge : laminaire. Impédance : 8 ohms. Efficacité : 90 dB/1 W/1 m.

Ce système hors du commun, véritable sculpture moderne due au designer italien Claudio Rolta Loria comprend un châssis en tube de section carrée supportant 5 caissons indépendants maintenus par des vis molletées et reposant chacun sur une pointe pour évacuation des vibrations parasites par un seul point d'écoulement. Cet immense système 4 voies à 5 haut-parleurs comprend un filtre ultra complexe à 700 éléments !. Ce système est à notre avis une synthèse idéale entre les qualités des transducteurs électrostatiques et électrodynamiques avec une limpidité extraordinaire, une réponse transitoire ultra rapide, une propreté des timbres, même à niveau réaliste qui laissent songeur. La musique est reproduite à la fois dans toute son ampleur, sans compression de la dynamique mais aussi avec toute sa sensibilité, sachant être d'une délicatesse extrême sur les petites formations et grandiose sur les opéras ou « bigs bands ». Les Apologue, un cas à part dans les systèmes d'exception.

HEYBROOK

Type HB 200

Prix indicatif : 6 690 F la paire. Dimensions : H 45,6 L 23 P 27 cm. Charge : bass reflex. Impédance : 8 ohms. Efficacité : 88 dB/1 W/1 M. Puissance : 100 W.

Les Heybrook HB1 ont défrayé les critiques des revues spécialisées du monde entier par leur incroyable homogénéité de

performances pour un prix des plus concurrentiel. Les HB 200 reprennent à un stade supérieur les caractéristiques de base de la HB1 pour devenir un véritable petit moniteur de contrôle d'une précision et d'un réalisme saisissant en condition d'écoute domestique. La qualité des haut-parleurs utilisés n'est pas étrangère à ce résultat. Le haut-parleur grave médium de 18 cm en papier traité dispose d'une ogive centrale en cobex assurant une meilleure répartition des fréquences autour de la zone de recouvrement avec le tweeter. Celui-ci à dôme en aluminium de 2,5 cm est un modèle de précision sur les harmoniques supérieures sans exciter de résonances parasites. Le filtre à masses séparées, autorise le bicâblage, solution qui apportera encore une amélioration dans l'analyse des informations avec des plans sonores plus détaillés. Un système 2 voies compact finement élaboré.

INFINITY

Type KAPPA 8

Prix indicatif : 21 890 F la paire. Dimensions : H 120 L 52 P 20 cm. Puissance : 200 W. Impédance : 4 à 6 ohms. Efficacité : 88 dB/1 W/1 m.

La série des enceintes Kappa d'Infinity constitue une réussite incontestable alliant une superbe esthétique avec une restitution d'une rare définition d'un bout à l'autre du spectre avec une superbe cohérence sonore. Tout en prenant très peu de place au sol la Kappa 8 dispose d'un 30 cm à cône en matériau composite polypropylène et fibre de carbone, un bas médium à dôme de 13 cm polygraphite à diaphragme composite, un médium polydôme de 7,5 cm et 2 tweeters Emit (isodynamique) l'un disposé en façade, l'autre à l'arrière pour un fonctionnement en dipôle. Les Kappa 8 sont extraordinaires de vérité et de définition, avec un grave qui descend bas, avec une rapidité inouïe sur les transitoires, un bas médium très transparent et très ouvert, un médium limpide et un aigu qui file très haut avec délicatesse. Mais le plus étonnant reste la cohésion d'ensemble de ce système capable de reproduire tous les types de musique avec définition et dynamique, tout en gardant une excellente image stéréo.

J.-M. REYNAUD

Type RECITAL

Prix indicatif : 24 000 F la paire en blanc, 26 000 F en noir. Dimensions H 97 L 40 P 45 cm. Nombre de voies : 3. Efficacité : 91,5 dB/1 W/1 m.

Les formes particulières des Récital sont directement liées aux résultats d'études très poussées du concepteur J.-M. Reynaud pour obtenir une réponse linéaire dans l'extrême-grave, absence de distorsion et une directivité parfaitement contrôlée. Les deux haut-parleurs grave-bas médium ont reçu un traitement spécial de la membrane à base de silice mélangée à un liant, réduisant dans de grandes proportions toutes formes de distorsion par harmonique 2. La forme particulière de la tête médium-aigu évite tout effet de bord et de réflexions parasites. Le résultat : une écoute sublime où n'importe quel type de musique passe avec des contrastes sonores, un sentiment de fluidité et une fusion optimale entre les voies. La pureté, la richesse des timbres de la Récital peuvent être cités en exemple une transcription qui sait déclencher en vous la véritable émotion.

J.B.L.

Type PROJECT EVEREST

Prix indicatif : 120 000 F la paire. Dimensions : H 141 L 91 P 34,5 cm. Principe de charge : bass reflex. Puissance : 250 W. Nombre de voies : 3. Impédance : 8 Ohms. Efficacité : 100 dB/1 W/1 m.

L'enceinte JBL Everest est un système 3 voies absolument sans compromis, à image stéréophonique constante obtenue

grâce à l'application simultanée de trois principes : orientation des haut-parleurs ; caractéristique de directivité asymétrique des enceintes ; courbe de réponse particulière du filtre passif trois voies. Ce procédé de « l'image constante » mis au point par JBL, représente le plus grand pas en avant réalisé jusqu'ici dans l'application pratique de l'écoute stéréophonique. La zone d'écoute est considérablement élargie, l'effet stéréo équilibré est perceptible en tout point de celle-ci. La stabilité de l'image devient remarquable même quand on se déplace devant les Everest avec absence de variation de niveau, quand on s'éloigne d'une enceinte et que l'on se rapproche d'une autre, une sensation unique (!), l'une des plus belles réussites depuis l'avènement du procédé stéréo avec — inutile de le préciser — une capacité dynamique digne des meilleures enceintes de monitoring mais avec des timbres d'une douceur enchanteresse. Un véritable monument d'une supériorité écrasante sur la totalité des critères subjectifs.

KLIPSCH

Type CHORUS CHR-W0

Prix : 19 000 F la paire. Dimensions : H 99 L 47 P 39,5 cm. Principe de charge : bass-reflex. Puissance : 100 W continus, 1 000 W en pointe. Impédance : 8 ohms. Nombre de voies : 3. Efficacité : 101 dB/1 W/1 m.

Parmi les grands noms de la haute-fidélité, l'un des plus représentatifs est sans aucun doute Klipsch dont certains modèles sont devenus des stars incontestées. Citons surtout l'extraordinaire enceinte de coin Klipschorn adulée par les amateurs de sons à la fois grandiose et réaliste.

La Chorus présentée aujourd'hui est une trois voies dont les dimensions restent relativement raisonnables. Une grande attention a été portée sur la rigidité des parois. Les voies médium et aiguës utilisent des chambres de compression et le grave est reproduit par un superbe haut-parleur de 38 cm.

Sur le plan, ô combien important (et même primordial), de l'écoute, la Chorus est un cas rarissime, nous avons trop peu souvent, hélas, l'occasion d'entendre des transducteurs atteignant un tel rendement, plus de 100 dB. C'est incroyable ! l'impression de puissance qui en résulte. Même à des niveaux sonores très faibles, la Chorus creuse immédiatement le trou avec les enceintes conventionnelles en procurant une folle énergie dans tout le spectre. Du grave à l'aigu, c'est un véritable feu d'artifice et des disques maintes et maintes fois écoutés redeviennent intéressants. Les qualités de timbre sont évidentes et indissociables de l'extraordinaire capacité dynamique. Cette enceinte mérite vraiment d'être plus connue car, aussi bien sur un concert pop qu'un quatuor à cordes, les Chorus sont réellement enthousiasmantes.

MAGNAT

Type BETA

Prix indicatif : 15 800 F la paire. Dimensions : H 109 L 32 P 32 cm. Charge : close. Impédance : 6 ohms. Système 3 voies. Puissance : 150 W. Efficacité : 90 dB/1 W/1 m.

Magnat est un constructeur allemand bien connu pour être le seul à avoir adapté sur un produit grand public les fameux tweeter Klein fonctionnant selon le principe du plasma ionique. L'enceinte présentée, modèle Beta, a bénéficié (comme toutes les réalisations Magnat) de l'apport des études sur le rayonnement omnidirectionnel du tweeter ionique cité plus haut. Avec un tel étalon, cette firme se devait de développer des transducteurs médium et aigu s'approchant au mieux de l'idéal théorique. Aussi les transducteurs utilisés dans la Beta bénéficient d'aimants surpuissants avec en plus l'apport du principe Magnaspère qui consiste à s'approcher d'un rayonnement en sphère pulsante. Pour ce faire, les deux tweeters et

les deux médiums sont placés respectivement dos à dos. De plus, le rayonnement sans perte de niveau s'effectue sur 360°. Au total, on trouve donc 4 haut-parleurs sur cette enceinte, au superbe design : 2 tweeters, 2 médiums, 1 bas médium et 1 grave.

Jusqu'à présent nous n'avons pu entendre la Beta dans nos conditions habituelles d'écoute. Cependant au cours de diverses démonstrations, les Beta ont confirmé les bienfaits d'un rayonnement omnidirectionnel non au détriment d'une image stéréo très stable sans flottement, avec un impact dans le grave et un médium-aigu à la réponse fulgurante et un pouvoir d'analyse très poussé.

MAGNEPAN

Type MG 2.5/RT

Prix indicatif : 25 600 F la paire. Dimensions : H 180 L 60 P 10 cm. Système : 2 voies à ruban et isodynamique. Impédance : 4 ohms. Efficacité : 89 dB/1 W/1 m.

Les Magnepan MG 2.5/RT se présentent sous la forme de panneaux équipés d'une grande cellule isodynamique grave médium avec membrane de 145 x 60 cm parcourue par une grecque conductrice de 33 fils parallèles face au champ de fuite des barreaux aimantés et d'un grand tweeter à ruban en aluminium plissé de 5 micromètres d'épaisseur pour une largeur de 5 mm et une hauteur de 93 cm. Ces panneaux offrent une écoute saisissante de vérité, avec une notion de relief et une perspective sonore extraordinaires, maintenant une dimension géométrique exacte des instruments dans l'espace. Le filé des notes jusque dans l'extrême-aigu est magnifique de délié et d'expression. Peu susceptibles par rapport à l'acoustique de la salle d'écoute, ces panneaux savent recréer une « ambiance de concert » chez soi. Une réussite grandiose pour les véritables mélomanes.

MARTIN-LOGAN

Type MONOLITH

Prix indicatif : 66 900 F la paire. Dimensions : H 185 L 63,5 P 25 cm. Puissance : 250 W. Nombre de voies : 2. Sensibilité : 90 dB/1 W/1 m.

Martin Logan est un constructeur américain spécialisé dans les systèmes électrostatiques. De nombreux avantages sont à mettre au crédit de cette technologie très particulière, le plus marquant étant une rapidité des attaques due à un diaphragme extrêmement léger, parfaitement contrôlé sur toute sa surface.

Les ingénieurs de Martin Logan, dès la sortie du premier modèle, ont obtenu non seulement ces qualités de base mais aussi une parfaite tenue en puissance grâce à des électrodes couvertes sur leur face extérieure d'un revêtement en Delrin, parfaitement isolant. Grâce à ce procédé, il n'est plus utile d'enfermer le transducteur dans une enveloppe de protection. Cette absence d'enveloppe explique en grande partie l'exceptionnelle transparence évidente dès les premières minutes d'écoute des systèmes Martin Logan.

Le Monolythe présenté est un grand panneau de 1,85 m de haut réunissant une partie électrostatique et un caisson de grave incorporé dans la partie basse de l'ensemble. Grâce à un superbe 30 cm à membrane très légère et double moteur, on obtient la synthèse souhaitée entre liberté et rapidité du panneau électrostatique et bande passante très étendue dans le grave (25 Hz à seulement -3 dB). C'est remarquable d'autant que le délicat couplage de haut-parleurs usant des deux technologies est très difficile à réaliser. N'hésitez pas à aller écouter ce fabuleux transducteur, vous entrerez de plain-pied dans la transparence sonore qui révèle un nombre incroyable d'informations estompées ou atténuées sur les systèmes conventionnels.

MULIDINE Type ARCADE

Prix indicatif : 7 200 F la paire. Dimensions : H 92 L 18 P 23 cm. Principe de charge : par filtre acoustique avec deux résonateurs accordés quart d'onde. Puissance : 100 W. Nombre de voies : 2. Impédance : 8 ohms. Efficacité : 98 dB/1 W/1 m.

La Mulidine Arcade sort totalement des sentiers battus avec sa charge spéciale du haut-parleur grave-médium avec filtre acoustique conjugué avec deux résonateurs quart d'onde. Ce double procédé élimine nombre de problèmes de traînage tout en réduisant les taux de distorsion et en améliorant grandement le rendement dans l'extrême-grave par rapport au volume de l'enceinte. A l'écoute on est agréablement surpris par la vie peu commune que procure l'Arcade, avec un pouvoir d'analyse très poussé et un sentiment permanent d'aération. Le raccordement entre les deux voies est imperceptible et l'ouverture sur l'image stéréo remarquable. C'est un système alerte sans coloration flatteuse, jamais fatigant à la longue, dont le prix est extrêmement concurrentiel, à découvrir.

MORDAUNT SHORT Type MS 35TI

Prix indicatif : 4 500 F la paire. Dimensions : H 49 L 26 P 27,5 cm. Charge : bass reflex. Système : 2 voies. Impédance : 8 ohms. Puissance : 100 W. Efficacité : 88 dB/1 W/1 m.

Ce constructeur anglais nous propose avec ce système deux voies équipées d'un haut-parleur grave de 20 cm en pulpe de cellulose à cache noyau convexe et tweeter à dôme titane avec bobine ferrofluide une des enceintes les plus réussies dans sa catégorie. Son pouvoir de résolution est extrême sur toute la bande audio. La balance tonale pour un système de petite taille s'avère des plus agréables sans tomber dans des caractéristiques trop physiologiques. Mais c'est en matière d'image stéréo tridimensionnelle que la MS 35 TI creuse le trou grâce à une parfaite mise en phase de ses deux transducteurs. Les plans sonores s'étalent derrière les enceintes avec une grande précision. Même en poussant le volume sonore, cette image n'est jamais projetée. Les MS 35 TI ou la conquête de la véritable troisième dimension sonore, une écoute des plus « relaxante » où prime le plaisir de la musique.

PRO-AC Type SUPER-TABLETTE

Prix indicatif : 5 990 F la paire. Principe de charge : bass-reflex cavités accordées. Dimensions : H 26 l 22 P 15 cm. Puissance : 80/100 W. Impédance : 8 ohms. Nombre de voies : 2. Efficacité : 87 dB/1 W/1 m.

Fabriquée artisanalement en très petites quantités (qualité oblige !), l'enceinte anglaise Pro-Ac Super-Tablette avait défrayé les chroniques dès son apparition par une rare capacité à caractériser avec précision les atmosphères et les acoustiques des prises de son. En effet, cette mini-enceinte est capable de reproduire de manière impressionnante les plans sonores en largeur et profondeur sans que le son ne soit jamais ni dur ni crispé. On peut aussi féliciter le constructeur pour l'ingéniosité de la charge choisie qui autorise des niveaux sonores très élevés sans trace de distorsion. Cette enceinte deux voies est impressionnante par son médium qui parvient à vous faire passer des « frissons dans le dos » à l'écoute d'une belle voix. Le rendement relativement moyen de 87 dB (normal pour la taille) nécessite, pour en tirer pleinement parti, une électronique d'une trentaine de watts par canal (entre 30 et 100 W). Signalons que le modèle présenté

bénéficie de nombreuses améliorations par rapport aux premières séries. L'écoute est encore mieux assise, avec un registre grave encore plus spectaculaire par rapport à la taille du boomer ; et quelle image !

PIERRE ETIENNE LEON Type ML 3

Prix indicatif : 9 500 F la paire. Dimensions : H 96 L 25,5 P 29 cm. Impédance : 8 ohms. Système : 2 voies/3 haut-parleurs. Puissance : 100 W. Efficacité : 90,5 dB/1 W/1 M.

Cette élégante enceinte colonne reprend le principe de charge de deux haut-parleurs grave médium placés l'un derrière l'autre avec cavité accordée dit autorégulation acoustique (brevet exclusif n° 76.1093) qui améliore considérablement la réponse dans le grave tout en linéarisant la courbe de réponse dans le bas médium avec diminution de certaines formes de distorsion par harmonique 2 et une réponse transitoire plus rapide. Le haut-parleur situé en façade possède une membrane en sandwich kevlar. Pour le tweeter à dôme inversé le même type de matériau est aussi utilisé en couche plus fine. La ML 3 frappe par sa transparence, sa luminosité et son pouvoir d'analyse. Son grave est précis et le bas médium très ouvert, léger, rapide procure une idée exacte de l'acoustique de la prise de son. L'image stéréo reste stable et ne se rétrécit pas sur les pointes de niveau. Un système colonne dont le principe de charge apporte un grave substantiel en naturel, ouverture et définition.

QUAD Type ESL 63

Prix indicatif : 27 800 F la paire. Dimensions : H 32,5 L 66 P 27 cm (socle). Principe de charge : panneau électrostatique large bande. Puissance : 40 V de tension nominale (100 W/8 ohms). Impédance : 8 ohms. Efficacité : 86 dB/1 W/1 m.

Fonctionnant selon le principe électrostatique large bande, le Quad 63 fait partie des classiques indémodables. Peu encombrant, discret, de dimensions relativement modestes avec une élégante présentation, il s'intègre parfaitement dans les lieux habituels de vie. Cette réalisation technologiquement remarquable représente l'archétype de la synthèse réussie entre largeur de bande passante, réponse transitoire ultra-rapide, mise en phase acoustique parfaite avec une réponse impressionnante dans le grave, avec très peu de distorsion. La qualité extraordinaire de ce transducteur réside dans sa faculté à recréer les acoustiques avec une notion unique de placement dans l'espace, à condition toutefois de prendre un minimum de précautions quant au placement et à l'amplification. La précision de placement des instrumentistes dans l'espace est hallucinante. L'image se situe en profondeur derrière les enceintes avec une cohérence rare d'un bout à l'autre du spectre. La Quad ESL 63 sait recréer toute l'ambiance des concerts. C'est l'un des rares systèmes capable de satisfaire réellement le vrai mélomane. Une référence incontestée qui va bien au-delà des modes passagères.

QUART Type 980S série II

Prix indicatif : 15 960 F la paire. Principe de charge : close. Dimensions H 100 L 28 P 28,4 cm. Puissance 200 W. Impédance 4 ohms. Nombre de voies : 4. Efficacité : 90 dB/1 W/1 m.

La firme Quart est très appréciée des amateurs de haute-fidélité exigeants qui découvrirent en quelques mois des réalisations de très haut niveau.

Nous avons été surpris par la très haute résolution du modèle MB Quart 980S. Ce système 4 voies a complètement remis en question nos notions habituelles de rapidité des sons à partir d'un haut-parleur électrodynamique conventionnel. En clair, cette enceinte nous a gratifié d'un registre médium-aigu exceptionnellement vif, léger et rapide, sans jamais être entaché d'aucune couleur propre. La linéarité et l'absence de distorsion frôlent subjectivement l'idéal théorique que beaucoup recherchent en usage domestique. Le superbe couplage obtenu permet la rare synthèse de qualités contradictoires que sont : impact, douceur, possibilités de niveaux sonores élevés et absence de distorsion subjective. Le nouveau modèle série II bénéficie d'améliorations évidentes dans la partie basse du spectre, bas-médium grave, qui rejoint désormais sur un plan subjectif le niveau de définition, d'articulation et de rapidité du médium-aigu. Avouons-le, la surprise est de taille : jamais nous n'avions imaginé qu'une telle homogénéité soit possible vu l'extrême rapidité du haut du spectre. La notion d'équilibre est totale. La finition est magnifique avec un coffret réellement traité, façon ébéniste avec de multiples renforts. Sa construction et sa finition à « l'allemande » complètent le nombre de points positifs qui font de la 980S série II l'« enceinte à l'abri des modes ».

REVOX

Système PICCOLO

Prix indicatif : satellite Piccolo : 2 000 F la paire, Piccolo bass : 2 490 F. Dimensions : satellite 22 x 14 x 14,5 cm, caisson grave : 39 x 36 x 37,2 cm. Impédance : 8 ohms. Efficacité : 90 dB/1 W/1 m. Nombre de voies : 2 pour le satellite, 1 voie grave caisson.

Le système Piccolo, sous une volume très restreint est capable de restituer l'ensemble de la gamme des fréquences avec une tenue en puissance et une dynamique incroyable, avec un réalisme saisissant. La balance tonale est idéale, avec des timbres très fidèles sur tous les types de sons, avec une bande passante très large et une absence de distorsion, même en poussant le niveau. Enfin, ce qui est très rare, pour un système en triphonie, la localisation spatiale est parfaite. On oublie très vite leurs (petites) tailles tant l'impression spatiale est tout simplement superbe. On ne risque pas de s'ennuyer avec un tel système.

ROGERS

Type BBC-LS 3/5 A

Prix indicatif : 6 990 F la paire. Dimensions H 30,5 L 19 P 16 cm. Principe de charge : close. Puissance : 75 W. Impédance : 8/10 ohms. Nombre de voies : 2. Efficacité : 87 dB/1 W/1 m.

Considérée depuis près de dix ans comme la « référence » parmi les mini-enceintes, la Rogers BBC-LS 3/5 A continue sa carrière en surprenant toujours autant l'Audiophile amateur de musique. Un conseil : même si vous n'avez aucune raison d'opter pour une si petite enceinte, soyez curieux et découvrez la LS 3/5 A, vous comprendrez alors pourquoi elle reste « la petite surdouée » depuis si longtemps. Que dire d'autre sinon quelle est l'une des seules mini à être timbrée relativement bas avec un côté charpenté inattendu par rapport à son volume. Même sur des instruments « pièges » comme la contrebasse, aucune frustration n'est ressentie, l'équilibre est respecté grâce au haut du spectre qui n'est jamais ni en avant ni scintillant. Les plans sonores sont d'une stabilité parfaite qu'on ne constate qu'à l'écoute de deux enceintes parfaitement appariées. Cette superbe spatialisation s'accompagne d'un équilibre tonal remarquable. Tout est douceur et la fluidité du médium s'accorde parfaitement à un aigu particulièrement filé et soyeux.

Réviser vos classiques, réécoutez la LS 3/5A, vous serez surpris.

SOUND LAB

Type A5/B5

Prix indicatifs : section large bande A5 : 115 000 F la paire ; section grave B5 : 115 000 F la paire. A5 dimensions H 180 L 90 P 72 cm ; B5 H 180 L 140 P 72 cm. Puissance : 300 W. Impédance A5 : 8 ohms. Nombre de voies : 2 pour l'A5, une voie pour le grave. Charge : panneau électrostatique fonctionnant en doublet.

Les immenses panneaux électrostatiques A5 large bande à charge latérale constitue une nouvelle approche dans le domaine des transducteurs électrostatiques sans compromis. Ils peuvent être complétés par les panneaux d'extrême-grave électrostatiques eux aussi. B5, dont la réponse en fréquence descend jusqu'à 8 Hz grâce à l'immense surface de rayonnement II 630 cm² (!) par panneau et aussi le fonctionnement en double push-pull. Les panneaux latéraux offrent un meilleur couplage acoustique par un léger effet de pavillon très large, réduisant aussi l'énergie réfléchie parvenant à la membrane. Ainsi, ce système complet est beaucoup moins sensible à l'acoustique de la salle d'écoute que les autres panneaux. Dire que ces immenses panneaux Sound Lab constituent l'un des sommets de l'écoute en l'état actuel de la technique serait un pléonasme. L'étendue des fréquences reproduites (descendant jusque dans l'infragave), la linéarité, l'absence de coloration désagréable de membrane, l'incroyable pression acoustique produite sans aucune fatigue auditive, le positionnement exact de l'image stéréo, sans variations d'intensité que l'on s'approche ou que l'on s'éloigne de l'un des panneaux, tout concourt à une restitution grandiose qui calque véritablement la réalité en lui donnant tout son sens musical avec une ponctualité des sources extraordinaire. (Attention, la photo de cet immense système figure dans la rubrique « Quid ».)

SONY

Type APM 22 ES MK II

Prix indicatif : 4 500 F la paire. Dimensions : H 51,2 L 29, P 32 cm. Système 2 voies bass-reflex. Puissance : 160 W.

Sony a mis au point il y a quelques années une structure nid d'abeilles très légère mais très rigide, pour obtenir une membrane plane fonctionnant en piston sur une large gamme de fréquences sans risque de fractionnement. On retrouve ce type de membrane plane dite A.P.M. couvrant une surface de 290 cm² pour le superbe haut-parleur grave-médium qui équipe ce système, complété dans l'aigu par un « soft » dôme de 2,5 cm de diamètre. Cette membrane A.P.M. est mise en mouvement par un gigantesque circuit magnétique avec une bobine de 5 cm de diamètre. La réponse en fréquence de l'APM 22 ES est extrêmement linéaire dans le grave, sans caractéristiques physiologiques, avec une tenue en puissance remarquable par rapport à son volume. Jamais fatigante à l'écoute, elle propose une transcription de grande neutralité où toute agressivité est exclue, avec une très belle richesse harmonique sur les timbres empreints d'une certaine douceur.

STEREOLITH

Type DUETTO

Prix indicatif : 4 499 F enceinte stéréophonique. Dimensions : H 40 L 40 P 40 cm. Impédance : 2 x 8 ohms. Nombre de voies : 2 x 2 voies. Efficacité : 88 dB/1 W/1 m.

M. Walter Schupbach, acousticien suisse, a mis au point un système vraiment révolutionnaire qui certainement fera date dans le domaine de l'écoute stéréophonique. Partant du fait qu'en situation réelle le son d'un instrument ne parvient pas

de deux points distincts, ce qui est le cas avec deux enceintes traditionnelles, il a conçu une enceinte unique stéréophonique, sous forme d'une petite pyramide à diffusion bilatérale, qui arrive à recréer une image d'extrême précision et de grande stabilité quelle que soit la position de l'auditeur dans la salle d'écoute. Par rapport à un système stéréo à deux enceintes, les contraintes de positionnement sont beaucoup moins importantes avec la Stereolith. Les prises de son gardent « leur véritable dimension » avec une excellente ponctualité des sources. Le résultat est absolument fantastique en ampleur par rapport à la taille de cet « unique » système stéréo dont la fabrication et la distribution ont été confiées à la prestigieuse société Studer Revox dont les critères de sérieux ne sont plus à vanter.

SONUS FABER

Type : MINIMA FM2

Prix indicatif : 10 500 F. Dimensions : H 33 L 19,5 P 26 cm. Système : 2 voies. Charge : bass reflex. Impédance : 8 ohms. Efficacité : 87 dB/1 W/1 m.

Cette superbe petite enceinte dont le coffret est réalisé dans du noyer massif de 4 cm (!) d'épaisseur, avec assemblage par tenons et mortaises façon ébéniste, est équipée d'un système 2 voies avec grave-médium de 10 cm et tweeter à dôme souple (de type professionnel) avec sa propre cavité de charge, et filtre à masses séparées autorisant le bi-câblage à partir d'un double bornier vissant. Par rapport à leur taille, la restitution musicale des Minimum atteint un très haut niveau. Le son ne semble pas provenir des enceintes mais les entoure tout en préservant la particularité et la focalisation des instruments. Les voix sont remarquablement restituées avec chaleur et émotion sans aucune coloration de petite boîte et avec une aération sans commune mesure avec la taille de ces enceintes. Les Minimum FM2, des petits écrans de grand luxe pour une diffusion musicale très spatiale.

SYNONYME

Type EFX E

Prix indicatif : 13 000 F la paire. Dimensions : H 92 L 22 P 33 cm. Système : 3 voies. Charge : bass reflex. Impédance : 8 ohms. Efficacité : 91 dB/1 W/1 m.

Cette enceinte française est originale par un coffret qui n'engendre aucune tonique ou pointe de résonance désagréable mais qui grâce à l'épaisseur et la nature des matériaux utilisés favorise subjectivement une zone souvent tronquée en dynamique : le bas médium. De plus le système utilise un médium travaillant en large bande avec coupure acoustique naturelle. Le résultat : un gain significatif en sensation d'aération de transparence parallèlement à une notion d'énergie sonore que l'on ne rencontre que sur de gros systèmes. La très grande intelligibilité des Synonyme EFX E, même à fort niveau, dépasse de loin des systèmes beaucoup plus complexes dans la configuration du filtre. Les attaques sont très rapides avec une extinction des notes dont la décroissance dans le temps est bien respectée. Un système à découvrir qui remet au goût du jour des idées en électroacoustique, pourtant évidentes à l'écoute.

TANNOY

Type DC 2000

Prix indicatif : 6 800 F la paire. Dimensions : H 71 L 25 P 26 cm. Système : 3 voies. Puissance : 150 W. Impédance : 8 ohms. Efficacité : 92 dB/1 W/1 m.

Tannoy est le pionnier du haut-parleur coaxial, regroupant la section grave avec au centre une chambre de compression médium aigue pour obtenir une parfaite cohésion de diffusion par alignement des centres d'émission. Sur la DC 2000

on retrouve ce type de haut-parleur coaxial sous un diamètre de 21 cm avec une petite chambre de compression au centre dont l'amorce de pavillon est prolongée par le profil exponentiel de la membrane grave en matériau copolymère très neutre. Ce haut-parleur coaxial large bande est assisté dans le grave par un deuxième transducteur de même diamètre mais sans la chambre de compression pour former un système 3 voies. Le bi-câblage est prévu à partir d'un double bornier. On retrouve toutes les qualités propres au coaxial : image stéréo très précise et de dimension géométrique exacte, grande définition du médium, tenue en puissance sans distorsion avec une réponse transitoire très rapide.

TRIANGLE

Type ELYPSE

Prix indicatif : 12 600 F la paire. Dimensions : H 1,02 l 31 P 33,2 cm. Principe de charge : bass-reflex. Puissance : 100 W. Impédance : 8 ohms. Nombre de voies : 2, bi-amplifiable. Efficacité : 92 dB/1 W/1 m.

Après la Zenith II voici l'Elypse qui reprend le rayonnement en sphère pulsante à partir de quatre haut-parleurs (2 tweeters + 2 boomers médium). Il s'agit donc d'une deux voies électriques, les haut-parleurs étant connectés deux à deux en parallèle. Le principe est le suivant : deux transducteurs sont fixés en face avant (1 boomer médium + 1 tweeter) et on retrouve une paire identique sur le panneau arrière. Cette enceinte fonctionne donc en doublet avec émission d'ondes arrières. L'avantage principal de cette diffusion avant-arrière est de reconstituer l'espace sonore avec une notion de profondeur « inouïe », faisant pénétrer subjectivement l'image de parfois plus de 5 m dans le mur arrière.

On est d'emblée séduit par la capacité à reproduire correctement les transitoires, ça attaque vite et fort, avec beaucoup de vie et de dynamique tout en conservant légèreté et analyse hyper fouillée. Aucune coloration de papier, pas de son « tube ». L'aigu file haut sans grain et les timbres sont parfaitement respectés. Insistons également sur la finition hors concours de l'Elypse. Un système qui, par son mode de diffusion sonore sort des sentiers battus, esthétiquement réussi et qui bénéficie d'un rapport agrément d'écoute/prix remarquable.

VIETA

Type ORFEO-PRESTIGE

Prix indicatif : 6 900 F la paire. Dimensions : H 80,6 cm, base 22 cm de côté sur 22. Principe de charge : bass-reflex. Puissance : 80 W. Impédance : 8 ohms. Nombre de voies : 2. Efficacité : 87,5 dB.

Le célèbre constructeur espagnol Vieta possède une excellente maîtrise des haut-parleurs, il est notamment le spécialiste de la membrane en pur coton qu'il est le seul à produire actuellement. Les avantages de ce matériau sont : linéarité permettant un filtrage simple, faible coloration sans « tonique » de membrane et légèreté avec une bonne rigidité.

La présentation est très esthétique et la finition en véritable laque façon Chine classe l'Orfeo Prestige dans la catégorie des enceintes véritablement adaptées à un cadre domestique.

L'Orfeo Prestige, sous un faible encombrement, procure une image sonore large et une profondeur impressionnante. La dynamique est surprenante par rapport au diamètre des haut-parleurs et les niveaux sonores atteints sont largement suffisants pour se fâcher avec le proche voisinage. Très précise l'Orfeo Prestige restitue la véritable dimension des instruments. Avec la Prestige, une guitare retrouve sa dimension, bien souvent hypertrophiée sur bien des systèmes. Très expressive l'Orfeo séduit autant par l'aspect mélodieux des phrasés que par le poids et l'ampleur des fortissimi.

Excellent rapport qualité d'écoute/esthétique/prix

**Page non
disponible**

La CAO en électroacoustique

Charles-Henry Delaleu



Il existe actuellement deux tendances en qui concerne la mise au point des haut-parleurs et enceintes acoustiques.

La première consiste à prétendre que seule l'expérience compte. La seconde, plus récente, va plus loin en ajoutant une dose de technicité.

En fait, ce débat peut paraître complètement faussé aussi à première vue. Pour optimiser un haut-parleur, seule l'expérience compte. Que cela entraîne-t-il ? Nous avons entendu cette phrase plusieurs fois. Seules de nombreuses années d'expérience permettent de réaliser de bons transducteurs. Le principal fautif de cet état de fait est l'ordinateur. Un ordinateur ne peut remplacer une paire d'oreilles ! Soyons plus curieux. Que se passe-t-il en course automobile de formule 1 ? Il existe dans ce cas de nombreuses analogies. Dans la plupart des cas, le niveau technique est très élevé, pourtant certains gagnent beaucoup plus facilement. Pourquoi ? Pourquoi l'équipe Mac Laren avec ses moteurs Honda est-elle souvent sur le podium ? Beaucoup de gens commencent à émettre des hypothèses très intéressantes. Cela procède de la rigueur, et de la méthode. Dans le cas de

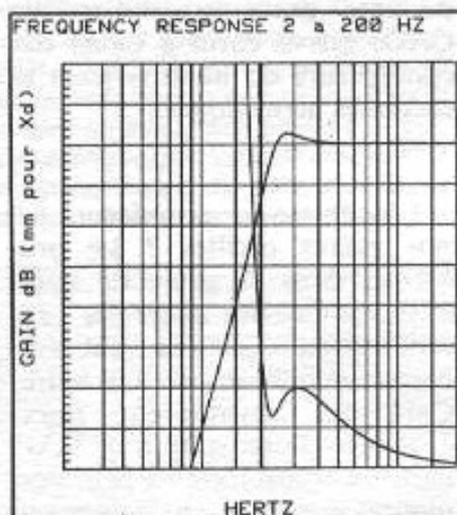


Fig. 1 : Simulation de la courbe amplitude-fréquence d'un haut-parleur dans une enceinte de type bass-réflex. A partir des paramètres électro-mécano-acoustiques d'un haut-parleur, seront possibles grâce à l'ordinateur la courbe de réponse en fréquence, ainsi que le déplacement du cône, mais aussi bien d'autres informations...

l'électro-acoustique nous pourrions dire que pour réaliser de bonnes enceintes, il faudrait uti-

liser des techniques sûres (et non des potions magiques) reposant sur des résultats tangibles (donc vérifiables).

L'écoute d'une enceinte acoustique est un acte très délicat. S'il est bien un domaine où le subjectif est très important, c'est bien celui-là. Il est très difficile d'être catégorique. Suivant le style de musique, l'homogénéité de la chaîne sonore, du local d'écoute, les résultats sont très variables. Pourtant, il faut bien essayer d'avancer. Une étude statistique sur deux années de bancs d'essais d'une revue de haute fidélité est assez intéressante sur le sujet. En deux ans, c'est plus de cent enceintes acoustiques qui ont été ainsi testées. Testées sur des critères techniques et auditifs. Sur le lot quatre modèles se distinguent. Or, comme par hasard, les écoutes critiques sont bonnes, les mesu-

res sont cohérentes, elles se recourent.

Depuis le début de l'électro-acoustique, les moyens d'investigation en matériel de mesure ont été très longtemps limités. L'une des premières mesures sérieuses est la courbe amplitude fréquences. Puis viennent les mesures d'impédance et de distorsion. Les choses en restèrent là pendant de nombreuses années. C'est vers la fin de la dernière décennie que les choses allaient enfin bouger. Il était possible de déterminer par calcul certains paramètres d'un haut-parleur, de simuler la réponse dans les basses fréquences (moins de 200 Hz) d'une enceinte acoustique. Depuis, les méthodes de mesures se sont sensiblement améliorées. Mais, c'est au cours de la fin de cette décennie que les choses vont aller beau-

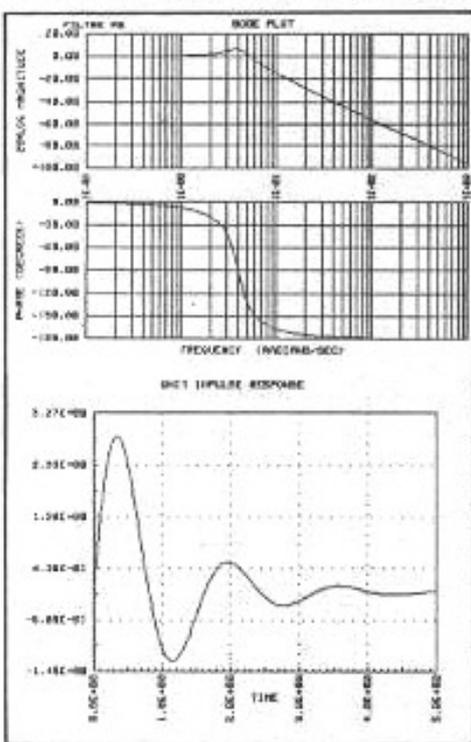


Fig. 2 : Simulation d'une cellule de filtrage de manière simplifiée sur ordinateur :
 a) courbe amplitude fréquence ,
 b) courbe de phase,
 c) réponse impulsionnelle

coup plus loin. Ceci grâce, sans aucun doute, à l'informatique.

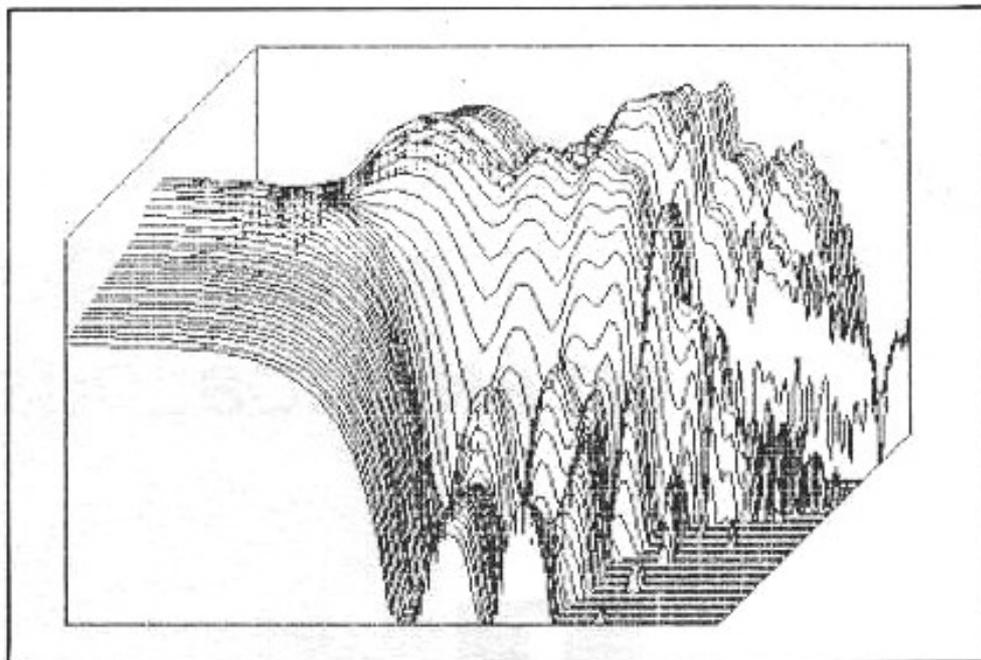


Fig. 3 : Courbe de réponse amplitude-fréquences-temps d'un haut-parleur monté dans une enceinte acoustique. Cette représentation en trois dimensions procure un nombre très important d'informations.

Bien que l'introduction de l'informatique dans les techniques scientifiques ne date pas d'aujourd'hui (il faut pour cela remonter aux calculs des premières bombes atomiques), cette dernière, grâce aux stations de CAO, arrive enfin à l'aide des concepteurs de haut-parleurs et enceintes acoustiques.

L'ordinateur remplacera-t-il nos chères oreilles ? Le problème, dans ce genre de question, est que les intéressés pensent toujours que l'on veut remplacer une chose par une autre. Cela est absolument faux. L'arrivée d'une station de CAO dans un laboratoire ne peut permettre que de faire mieux ou beaucoup mieux que ce que l'on fait déjà. Ceci pour deux raisons : un gain énorme dans le temps consacré aux investigations, aux calculs, à la mise au point, de même, il est possible d'imaginer que, grâce aux grandes puissances de calculs, plusieurs options peuvent être traitées en même temps, afin de choisir ensuite celle qui a la préférence.

En fait, le principal problème des investigations portées sur les enceintes acoustiques ces dernières décennies repose sur le fait que, faute de moyens, les différentes études réalisées, l'étaient de manière statique. L'un des exemples les plus probants est, sans aucun doute, la courbe amplitude fréquences réalisée sur une fréquence glissante sinusoïdale qui a été, et est encore pour certains la mesure de référence.

Or, celle-ci est bien trop pauvre pour, à elle seule, déterminer la qualité d'une enceinte. En effet, dans ce cas de mesure une donnée essentielle nous manque, c'est le temps. Le son que nous entendons émettre d'une enceinte se produit à une certaine fréquence (cas simple), à une certaine amplitude, et pendant un certain temps. En poussant un peu plus loin, on pourra ajouter les notions de directivité, d'énergie, de phase, etc.

Afin d'essayer d'y voir un peu plus clair, nous abordons ici une série de plusieurs articles, sur l'optimisation des haut-parleurs

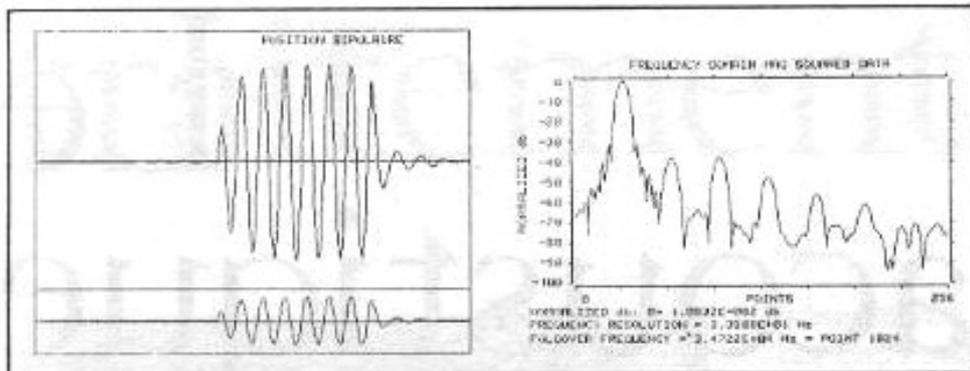


Fig. 4 : Il s'agit d'une mesure de distorsion impossible à faire il y a encore peu d'années. Comment mesurer à des pressions très importantes le taux de distorsion d'un transducteur ? Un train d'onde est injecté au transducteur. Ce choix est dicté par le fait que, dans ce cas, la bobine n'a pas le temps de brûler. La partie centrale du signal est séparée du reste du signal (temps d'établissement, et temps d'extinction). Seule la partie linéaire est conservée. Une fois localisée, cette portion de signal «pure» est traitée par un logiciel de FFT a) le signal est capté, puis numérisé, et traité, b) une transformée de Fourier (FFT) analyse le signal final et indique son spectre de distorsion.

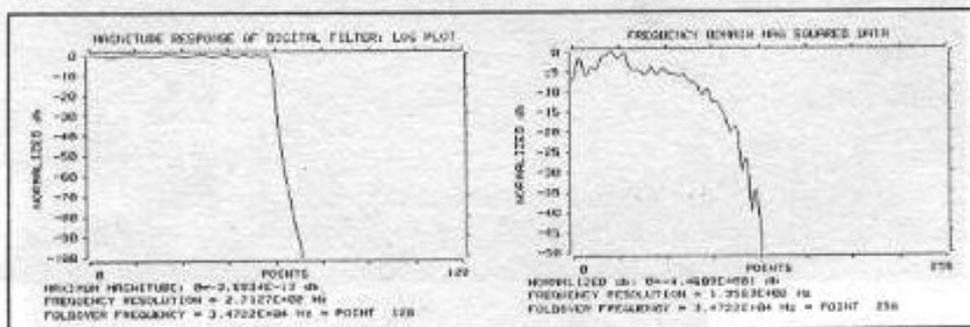


Fig. 5 : Représentation typique des possibilités d'une station de CAO. La réponse d'un haut-parleur sur un signal carré de très faible durée, est numérisée par un convertisseur analogique-digital. Le but de la manoeuvre est de simuler la réponse amplitude-fréquence du transducteur sur plusieurs types de filtres souhaités sans en monter physiquement un seul. Pour arriver à ce but, une seule possibilité, interfacier le filtrage numérique (par logiciel) avec la FFT (par logiciel). En a) nous observons la représentation du filtre numérique simulé, en b) nous obtenons la réponse recherchée (courbe amplitude fréquences simulée sur un filtrage donné).

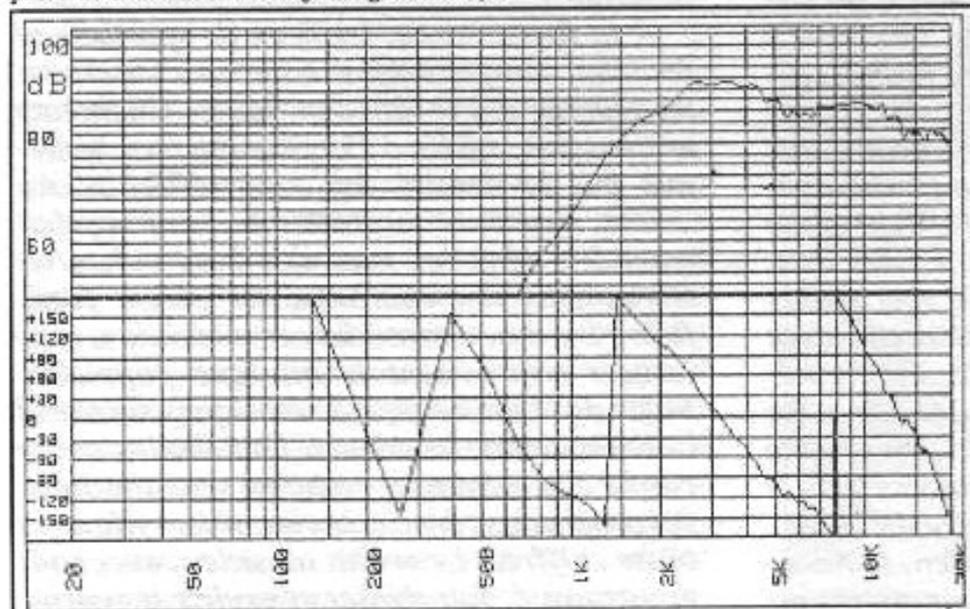


Fig. 6 : Courbe amplitude fréquence, et fréquence phase d'un tweeter réalisée par FFT à partir d'une réponse à un signal bref, numérisé puis traité.

et enceintes acoustiques. Le but de cette série n'est pas de procurer aux ingénieurs une recette miracle. Son but est à la fois beaucoup plus simple et aussi assez ambitieux. Simple, car le rôle de cette série consiste à prouver que de simples mesures en mode statique ne sont en aucun cas suffisantes pour juger de la qualité d'un transducteur, d'une enceinte. Ambitieux, parce que cette série d'articles voudrait dire qu'il existe des solutions pour aller plus loin dans la recherche de la qualité. Nous diviserons notre exposé en trois articles. Un article sera consacré aux calculs préliminaires. Un second sera spécialisé sur les mesures modernes en électroacoustique. Le troisième indiquera les possibilités en matière de CAO (Conception assistée par ordinateur) dans le monde des haut-parleurs et des enceintes acoustiques.

Très peu de sociétés ont déjà investi dans un système de CAO pour haut-parleurs et enceintes acoustiques. Les deux raisons principales sont l'investissement financier, et l'investissement humain très important car il n'existe pas sur le marché des outils prêts à l'emploi.

Références :

- La revue mensuelle de l'AES
- L'optimisation des haut-parleurs et enceintes acoustiques de Ch. Delaleu (Ed. Fréquences)
- Les illustrations de cet article sont fournies par le laboratoire de la société SIEA (Paris)

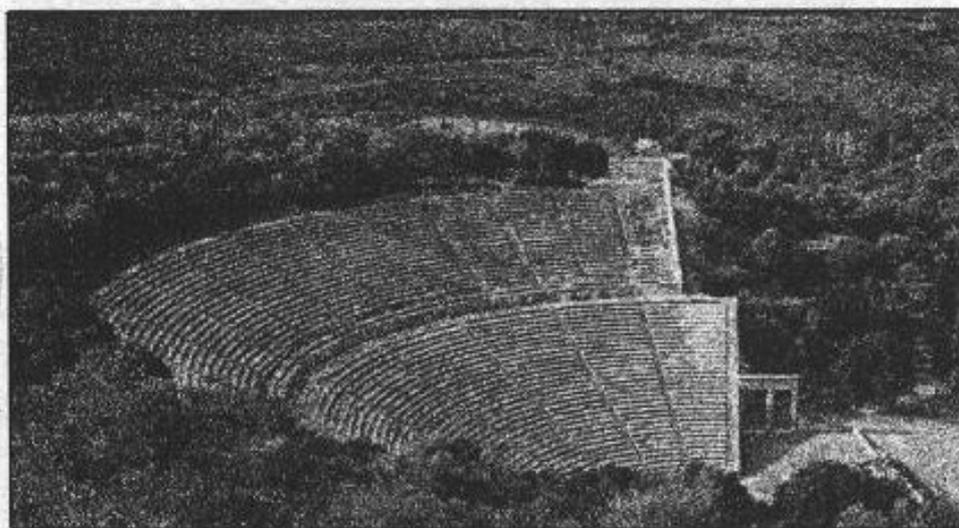
une nouvelle
rubrique
**Le traitement
acoustique**
par Gustavo Alcuri
préfacée par Claude Bailblé

Le acoustique

Epidaure

Basilique St-Denis

L'opéra de Sidney



Où se produit la musique ? En tous lieux, à toutes époques si l'on s'intéresse à son histoire. En mille endroits, si l'on observe la diversité de ses manifestations actuelles.

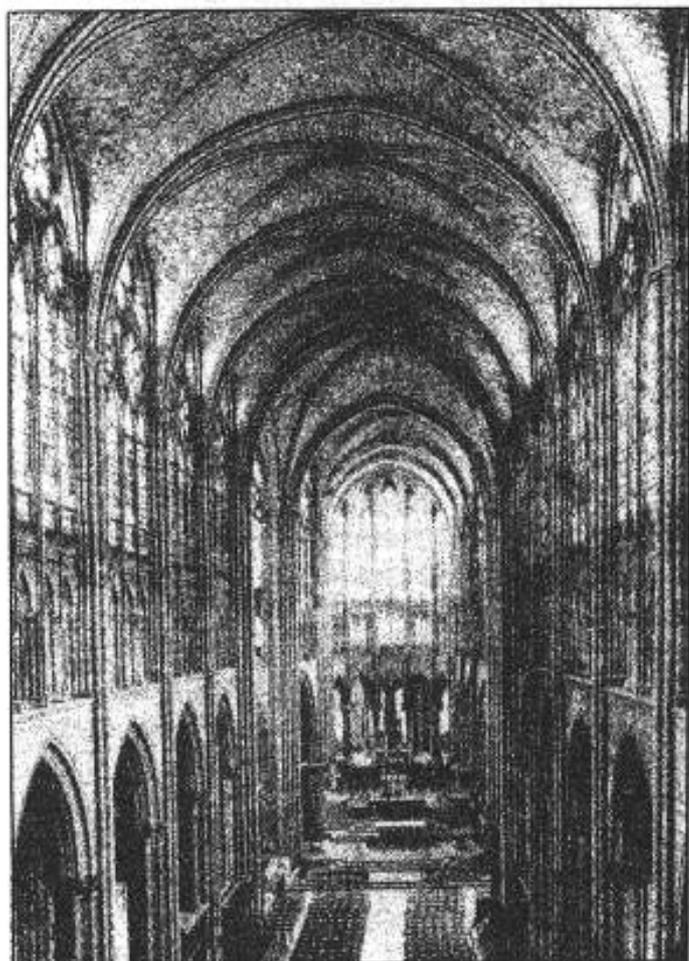
Née des rites païens ou religieux, elle s'énonce lointainement dans des sites sacrés ou festifs, combes, falaises, talwegs, ou criques propices à l'incantation, aux échos multipliés. Portée sur la skênê, la musique antique s'entend en plein air : une scène ronde - l'orchestra - fait miroir acoustique vers les gradins d'un amphithéâtre. L'adjonction d'une surface réfléchissante derrière les acteurs, choreutes ou musiciens, favorise l'effet d'espace - 15 000 spectateurs à Epidaure, 20 000 à Argos - assistent, avec un niveau d'écoute confortable, aux représentations des oeuvres tragiques. Chez les Romains, l'orchestra se ferme en demi-cercle et de nombreuses colonnes placées sur le proscénium contribuent à la diffusité.

Avec le plain-chant ou grégorien, la musique se fait entendre dans les monastères ou les églises : la réverbération, le trainage des sons favorise l'unisson des voix vers la divi-

nité. Dans les lieux de culte, le chantre comme les fidèles se haussent au dessus d'eux-mêmes. Litanies, prières, invocations. La musique favorise la relation au tout-puissant, la fusion des consciences, la méditation vers l'absolu. L'enveloppement invisible des sons diffus accroît l'image d'un Dieu omniprésent.

A la Renaissance, les lieux de spectacle se ferment complètement, tout en conservant les gradins des théâtres antiques. Chanteurs et danseurs, mêlés à l'orchestre, sont soutenus par la densité des sons réfléchis. Au même moment, la tradition orale se fait entendre dans les rues des bourgades, les terre-pleins des châteaux, les places fortifiées. Bardes, rhapsodes, troubadours, guitaristes improvisent la musique populaire. Fille de l'imprévu, la musique surprend l'oreille, anime les coeurs. La mélodie, qui se confie à la mémoire, déchaîne ses variations, ses ornements, arpège ses accords, rythme sa basse chiffrée. Le vivant musicien, avec goût et virtuosité, fait danser et exulter les corps. Les murs ensoleillés et joyeux renvoient leurs échos aux couples enrubannés et rieurs.

traitement



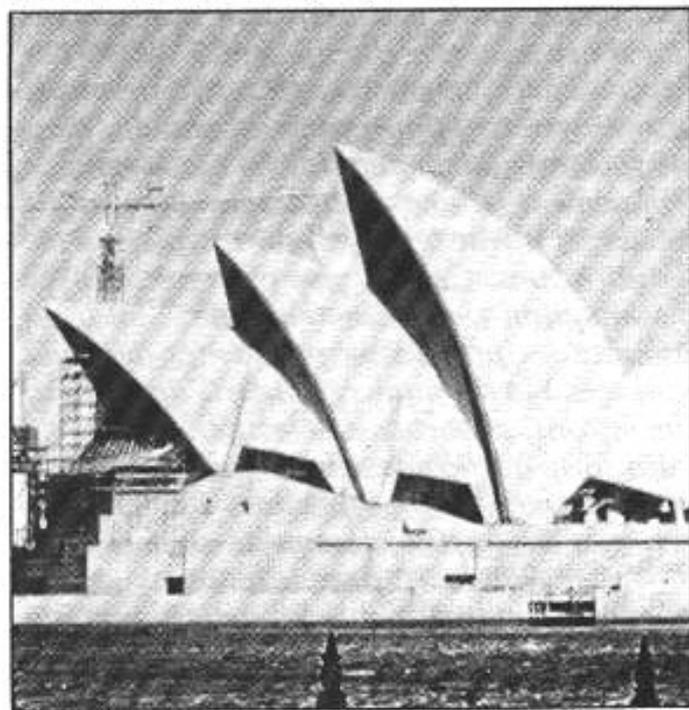
Tard, le soir, on danse encore dans les tavernes.

De son côté, la musique savante, sans cesser de puiser dans le répertoire populaire, se développe en orchestres de chambre, en chapelles. Des ensembles permanents liés à un compositeur de renom ou dirigés par un grand exécutant jouent pour les princes et leurs cours. Giovanni Gabrielli, vers 1600, pense à échelonner les masses sonores, à les déployer dans l'espace. L'orchestre est à cette époque une «transposition» de l'orgue, chaque famille instrumentale étant employée comme un registre (cordes-vents-régales-positifs-cordes pincées). Mais l'opéra naissant, avec Claudio Monteverdi, va modifier le spectacle musical. L'ensemble instrumental s'agrandit, les chanteurs se déplacent sur la scène, tandis que l'orchestra, pour ne pas

gêner la vue, se dissimule dans une fosse placée entre scène et public.

A l'âge «classique», les salles de concert vont se multiplier et l'équilibre musical entre chant issu de la scène et accompagnement orchestral devra être pensé. Déjà se posera la question de l'optimisation du champ diffus, et avec elle, celle de la réverbération adaptée aux finalités du local : toniques, diffusité, clarté, couleur. L'impression d'espace, la distribution spatiale de l'énergie devant être calculée pour le type de musiques, et aussi bien pour la puissance sonore installée (c'est à dire le nombre et la qualité des instruments employés, cf. le traité d'orchestration de Berlioz, cf. Wagner à Bayreuth).

Cependant que l'Occident s'émeut devant la musique savante, se réjouit avec la musique populaire, se console dans la musique religieuse, une ville très animée du Nouveau Monde (La Nouvelle-Orléans) fait entendre ses quadrilles, ses marches, ses danses favorites. Aux alentours de 1900, les affaires prospèrent dans l'ex-Louisiane. Et les noirs de cette bonne ville, enfermés dans le quar-



tier de «Perdido» «s'amuse» à recréer, avec sensibilité et malice, les airs qu'ils entendent, sur des instruments bricolés (banjos faits d'une boîte de fromage, contrebasses «arrachées» à un tonneau). Le jazz naît alors, empruntant au folklore vocal, aux spirituals and blues. Une formule fait fureur dans les bars de Storyville, le ragtime. Les groupes de musiciens («spasms bands») pullulent. En 1917, le gouvernement fait fermer Storyville, et c'est l'exode massif vers le Nord, vers les cabarets de Chicago ou de New York.

En 1930, le jazz s'évade de l'intimité enfumée et quelque peu alcoolisée des cabarets pour s'intégrer à l'univers du spectacle. Il anime les grands dancings populaires (Savoy, Cotton Club)... Les musiciens improvisent en groupe. Une volonté commune insuffle des intentions et le rite collectif s'accomplit : une concertation tacite anime la conversation musicale à plusieurs.

C'est alors que la radio et le disque bouleversent les lieux musicaux. Des auditoriums, prévus pour l'enregistrement monophonique voient le jour. Les instruments sont disposés pour la prise de sons autour d'un seul micro : le mixage est acoustique. La réverbération du studio ou de l'auditorium est redéfinie. Au début du XX^{ème} siècle, Wallace Clément Sabine avait étudié les temps de réverbération optimaux, tracé le trajet des «rayons» acoustiques (ombres, focalisations, échos multiples). En fait, la propagation acoustique en champ semi-réverbérant s'avère extrêmement complexe (résonances, anti-résonances, uniformité du champ, densité spectrale du champ diffus) et nécessite le déploiement d'une métrologie acoustique précise, et même le travail sur maquette avec des ultra-sons. Ce n'est que récemment, avec la simulation sur ordinateur, que l'on a pu résoudre les principaux problèmes de salles destinées à la musique (géométrie des parois, dimensions, absorbants sélectifs).

En sorte que l'industrie du disque, devenu stéréophonique, nous propose des enregistrements de qualité, lorsqu'ils sont réalisés en vraie grandeur, dans des salles adhoc (plusieurs milliers de m³). La plupart du temps, il est vrai, l'espace est synthétisé (pan-pot, delay, reverb digitale)... Ça coûte

moins. Ainsi, la musique de «variétés», apparue dans les années 50, connaît aujourd'hui une diffusion mondiale, c'est un secteur de l'industrie. Electrifiée et sonorisée dans ses concerts-festivals, amplifiée dans ses shows, l'espace qu'elle propose est artifice = mixage électronique, spatialisation numérique, prise de sons multimicros en proximité. Et le ballet incessant des modes et des genres qui durent quelques mois avant d'être remplacés par d'autres plus extravagants et tout aussi éphémères, doit avoir quelque lien avec la vente accélérée de millions de disques.

Il n'empêche. On danse, on rit, on s'amuse, on espère et on aime avec cette musique. Dans les dancings, les boîtes, les pistes de danse improvisées, le rock and roll a fait plus d'un heureux...

Où se produit la musique ? disions-nous. Partout. A Bali, en Afrique, à Aubervilliers, à Gomet-les-trois-rieuses. Elle a pour elle d'être vivante, joyeuse ou pleureuse, d'être jouée et dansée.

Où se reproduit-elle ? Dans l'espace domestique, c'est à dire en milieu semi-réverbérant non contrôlé, avec un champ diffus supplémentaire, celui du local d'écoute.

On se demande d'ailleurs comment autant d'espaces sonores - (du plein air à la réverbération des cathédrales) - autant de scénographies (du théâtre lyrique à la sonate) - autant de genres musicaux - (de la musique sacrée au hard-rock) - peuvent trouver à s'écouler dans le fameux triangle stéréophonique auditeurs-enceintes ! L'aimable salon de musique d'antan a implosé en living-music-room... Dans un fantastique rebroussement, le répertoire des oeuvres vient se télescoper sur les quelques mètres d'un rayonnage. Quel autre art peut prétendre à un tel carambolage ?

Le local d'écoute devrait être grand, spacieux et acoustiquement neutre. L'intensité des premières réflexions est spécialement gênante dans le cas des petites pièces : L'onde diffuse, trop élevée en niveau, ne s'amortit que trop lentement. L'article qui suit aborde donc le traitement de la pièce d'écoute, lieu magique, camera muta de toutes les musiques.

C. Bailblé

Dès la prise de son jusqu'à l'écoute en appartement, le but technique du processus de reproduction sonore est la transmission de l'information contenue dans le signaux d'origine avec un minimum de déformation. Les signaux suivent donc un chemin assez tortueux au travers de divers milieux subissant une série de codages et transformation plus ou moins bien maîtrisées en ce qui concerne la conservation des paramètres physiques caractérisant la source. Notre point de vue est volontairement réduit à l'aspect purement physique du problème ; la considération des conséquences psychophysologiques et les appréciations esthétiques, lesquelles élargissent considérablement l'étendue de la question, nous mèneraient dans un terrain beaucoup trop immature pour être systématisé sous forme de lois générales.

Bien que le plaisir musical soit l'objectif ultime de « l'audiophile », la stabilité technique du dispositif de reproduction sonore représente naturellement le pas préalable à la conquête de la qualité absolue, dans le respect des règles incontournables qui ordonnent la démarche logique.

Dans cette optique, une analyse rapide de la chaîne de reproduction permet d'identifier des points « faibles » méritant une attention particulière de la part des chercheurs, des concepteurs et des fabricants.

Nous savons que les transducteurs (sièges, par définition, d'un délicat processus de transformation d'énergie), présentent les problèmes les plus aigus, même si le codage et la lecture numérique ont permis un progrès substantiel au niveau de la lecture.

A l'autre bout, les enceintes sont l'objet de progrès moins notables et les perfectionnements se font par de petits pas sans bouleversements conceptuels. Malgré tout, les éléments de la

chaîne électriquement liés (système de lecture, câbles, amplificateur, enceintes) ont des caractéristiques bien définies et constantes.

Mais, entre le dernier des composants industriels (les enceintes) et l'auditeur, la voie de propagation acoustique est toujours assez méconnue. Pourtant son incidence dans le résultat final est souvent spectaculaire et toujours singulière de par la spécificité de ses caractéristiques propres.

L'enceinte et les parois

Commençons par l'étude de la transformation des conditions de réception des signaux partant d'une enceinte en fonction de l'emplacement du transducteur par rapport aux surfaces délimitant l'espace clos. Dans une salle réservée aux essais en milieu semi-réverbérant (elle est attenante à une chambre sourde, à une chambre réverbérante et à des volumes acoustiquement couplés), et dans une salle d'écoute courante présentant des

dimensions comparables.

Notre salle expérimentale est exclusivement destinée aux essais électroacoustiques et ses caractéristiques sont réglables en fonction des exigences du protocole expérimental. Les dimensions lors de nos tests sont longueur 4,90 m, largeur 3,10 et hauteur 2,80 m.

Leurs caractéristiques de réverbération sont indiquées dans la figure 1. Les courbes correspondent aux fréquences 125-250-500-1000-2000-4000 Hz. Nous reviendrons, plus tard, sur le concept de temps de réverbération et de forme de réverbération dans une salle donnée, mais il est intéressant de remarquer déjà, que la salle expérimentale présente la particularité d'offrir un Tr sensiblement contrôlé dans les basses fréquences.

Dans notre travail expérimental l'enceinte est placée dans 5 configurations différentes, selon la description détaillée de la figure 2. Il est indiqué l'emplacement de l'enceinte par rapport aux surfaces immédiates et la position du microphone de

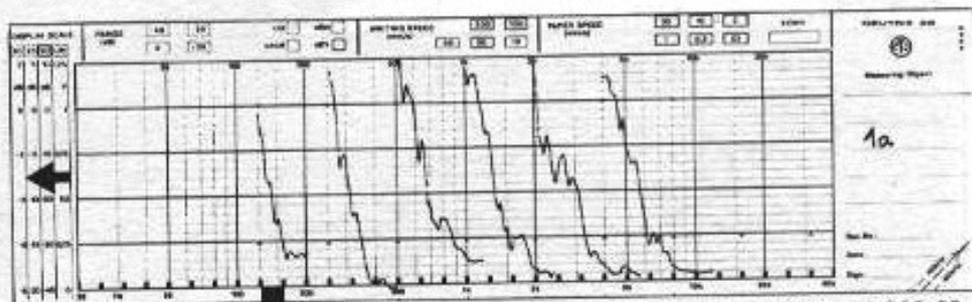


Fig. 1a : Courbes de réverbération à 125, 250, 500, 1 000, 2 000 et 4 000 Hz obtenues dans la salle expérimentale.

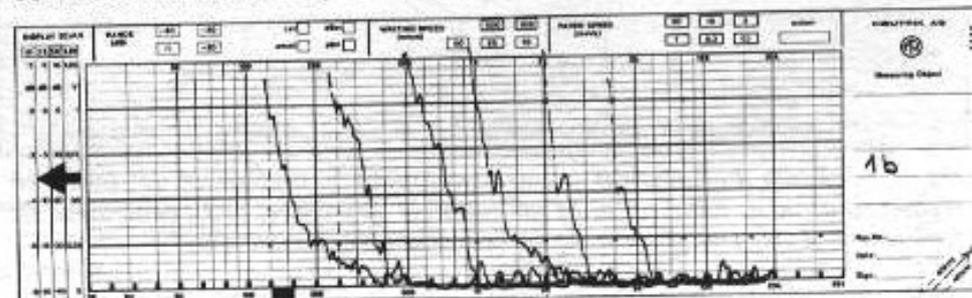


Fig. 1b : Courbes de réverbération obtenues dans une salle d'écoute courante présentant des dimensions comparables. Remarquons que la salle expérimentale montre un Tr particulièrement contrôlé à basse fréquence grâce au fonctionnement particulier des parois flottantes. Cette propriété est à l'origine d'une tolérance non négligeable lorsqu'on modifie l'emplacement des enceintes.

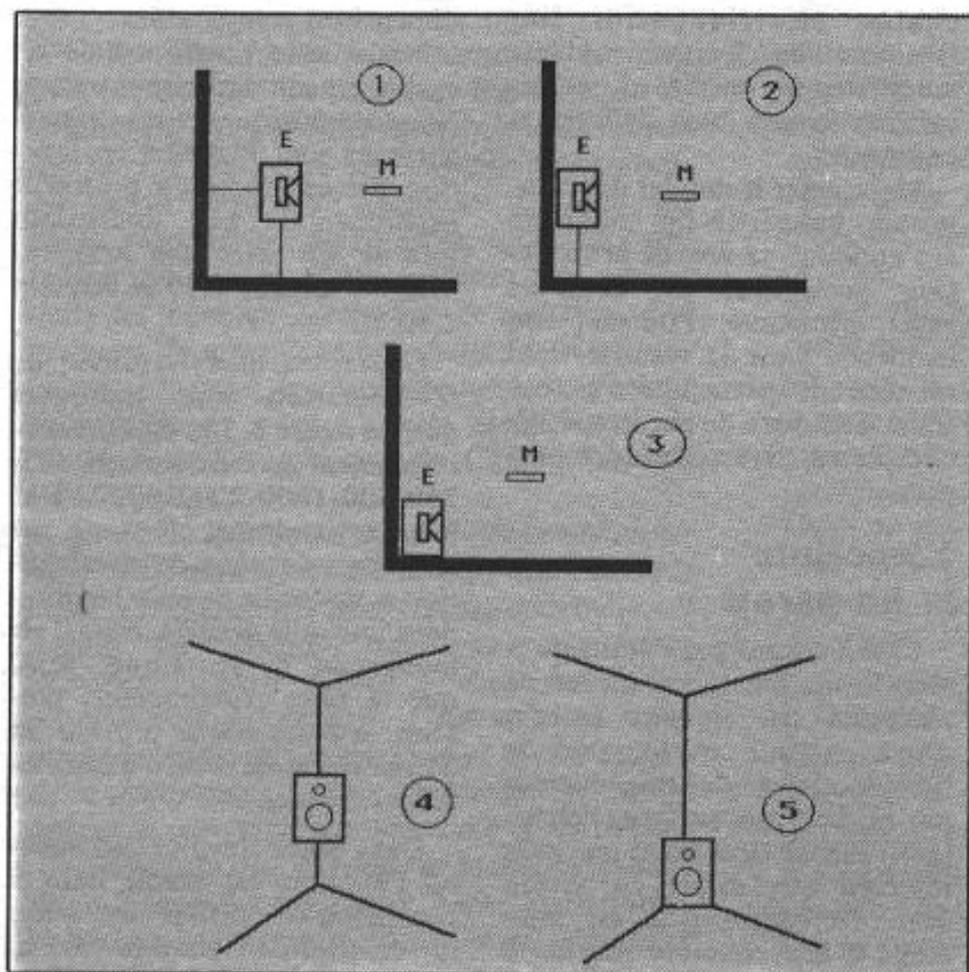


Fig. 2 : Différents emplacements de la source sonore dans les salles d'essais. Dans l'ensemble des expériences qui concernent deux enceintes et deux salles, nous avons sélectionné les résultats les plus significatifs pour illustrer notre démarche.

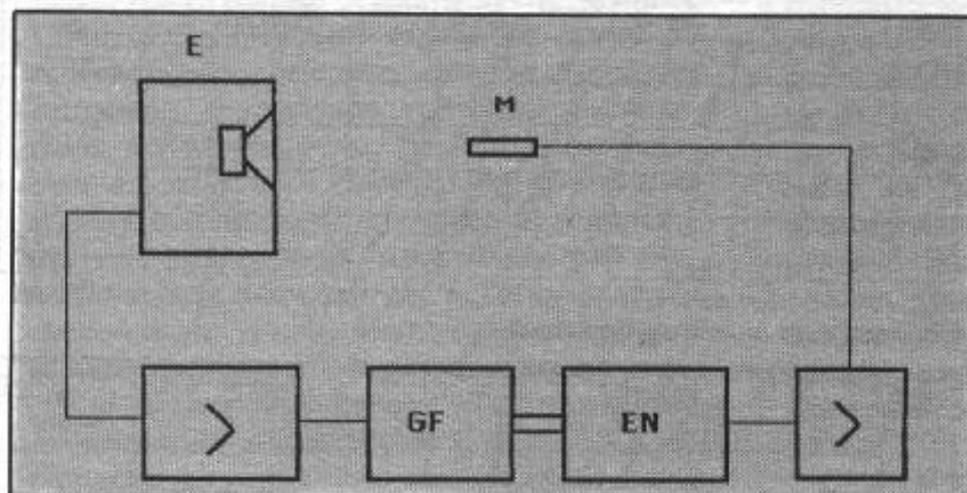


Fig. 3 : Schéma du dispositif expérimental pour la réalisation des essais en régime sinusoïdal. E enceinte, M microphone de mesure, G.F. générateur de fréquences. E.N. enregistreur de niveau couplé au générateur.

mesure dans chaque cas étudié. Dans une série de tests le microphone est placé à 1 m du sol et à 1 m de distance du plan frontal

de l'enceinte dans une direction perpendiculaire à la façade.

Le microphone est conservé dans une position constante, lors

d'une deuxième série d'essais, où l'on a réglé le gain d'amplification pour conserver un niveau de référence constant à 1 kHz.

Dans tous les cas, l'enceinte a reçu les signaux délivrés par un système qui obéit à deux formes d'excitation électronique :

- fréquences glissantes synchronisées avec un système de réception en continu, asservi par le générateur, entre 20 Hz et 20 kHz.
- régime impulsionnel.

Dans ce deuxième cas le montage expérimental est assez complexe et mérite une description plus détaillée.

En effet, le résultat de l'émission électroacoustique doit être « piégé », digitalisé, mémorisé et analysé à l'aide d'un outil mathématique complexe qui tourne dans un dispositif de traitement de signal capable de prendre en charge les expressions spectrales et dans le domaine du temps des signaux individuels ou des interactions entre différents signaux.

Dans notre conception de l'expérience il est nécessaire de connaître au préalable les caractéristiques du signal dans les conditions neutres, pour permettre une étude comparative valable lorsque les conditions environnantes changent suivant le protocole énoncé. Notre générateur d'impulsions, relié à un amplificateur de puissance attaque l'enceinte placée d'abord dans une chambre anéchoïque. Ici, l'effet des surfaces adjacentes est éliminé, puisque nous sommes en champ libre simulé. Le microphone de mesure Brüel et Kjær est suivi par un dispositif de traitement de signal digital type Takeda Riken capable de remplir les fonctions de réception instantanée par déclenchement automatique d'une mémoire tournante et le calcul différé tel qu'il a été exigé dans notre plan expérimental. L'ensemble de mesures est montré schématiquement dans les figures 3 et 4a, et dans

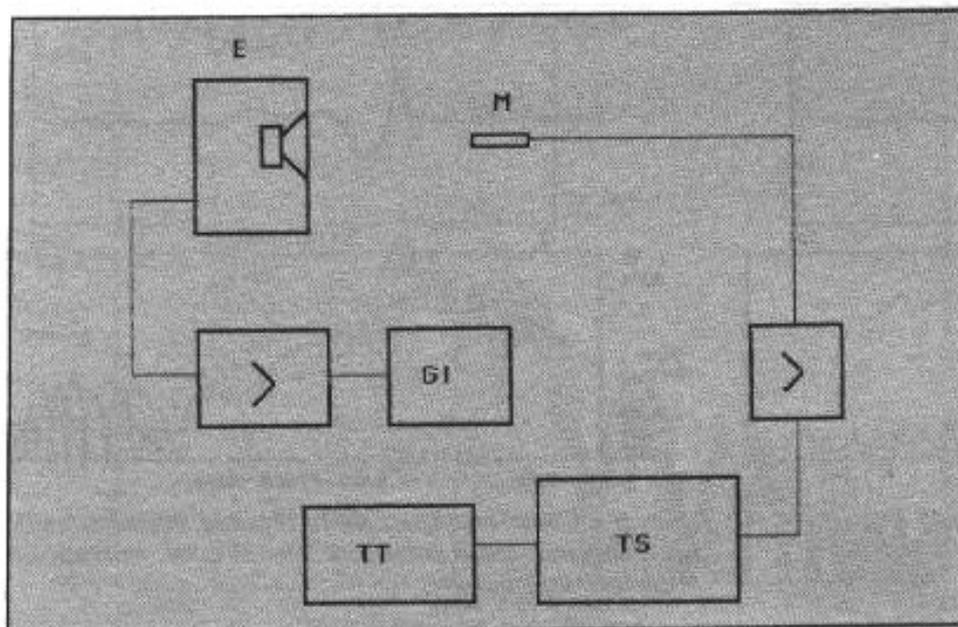


Fig. 4a : Schéma du dispositif expérimental pour la réalisation de essais en régime impulsionnel. E enceinte, M microphone de mesure, GI générateur d'impulsions, T.S. système digital de traitement du signal, TT table traçante.

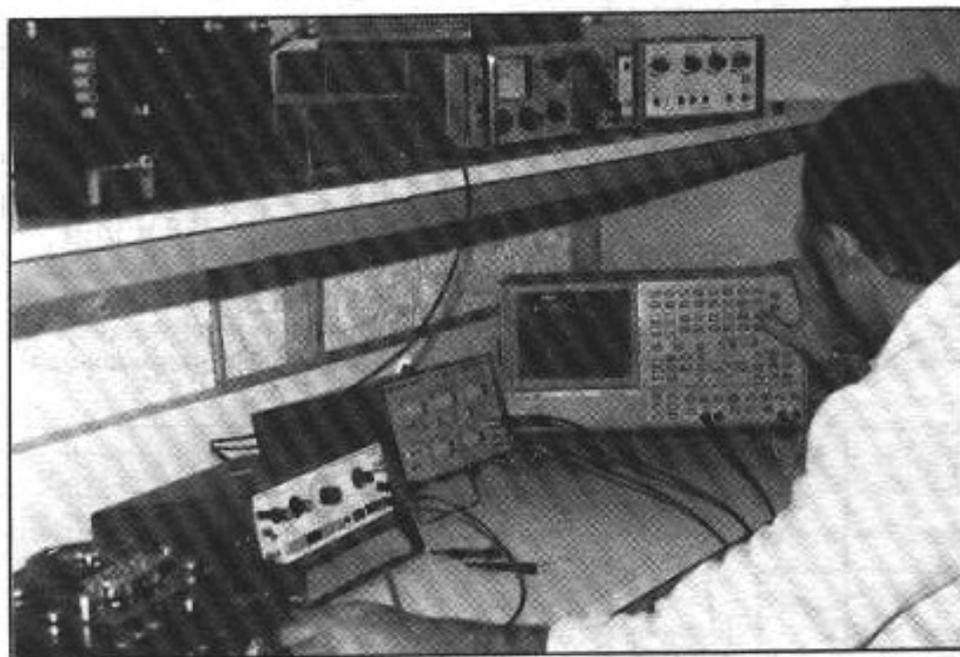


Fig. 4b : Vue d'une partie de l'ensemble des équipements nécessaires à notre travail expérimental. L'opérateur déclenche le magnétophone contenant des morceaux musicaux qui serviront à la dernière série d'essais. Simultanément, il arme la mémoire tournante du système digital de traitement du signal qui piège l'émission de l'enceinte pour procéder à une analyse différée.

son aspect général dans l'illustration de la figure 4b.

Les résultats obtenus à la sortie électronique et en chambre anéchoïque en régime impulsionnel sont montrés dans les figures 5 et 6.

L'image temporelle et la distribution spectrale du signal de réception sont respectivement

montrées dans les graphiques où sont indiquées les conditions de travail au niveau de l'opération d'analyse.

Après cette opération d'étalonnage nous sommes maintenant en conditions d'étudier la réponse de la même enceinte dans les dispositions géométriques 1 et 4, de la figure 2.

Les résultats sont montrés dans les figures 7, 8, 9, 10 et 11. Les commentaires correspondants à chaque résultat sont inclus au pied des graphiques, aux fins de faciliter la comparaison globale et rapide d'un nombre considérable de données aussi bien dans la série d'expériences à excitation impulsionnelle que dans celle où l'on attaque l'enceinte par des fréquences glissantes.

Le montage en régime sinusoïdal décrit dans la figure 3 débouche sur les résultats exposés dans les figures 12a, 12b, 12c, 12d et 12e, suivies de l'ensemble de courbes des figures 13, 14a, 14b, 14c, et 14d. La représentation est du même type que celles qui accompagnent les fiches techniques des enceintes. Les écarts par rapport à la courbe de réponse d'enveloppe horizontale qui correspond aux tests normalisés en chambre sourde, nous montrent clairement l'importance des transformations opérées au sein du message sonore.

L'incidence du conditionnement acoustique

Nous avons montré que la constitution de l'image sonore est en rapport étroit avec le type de couplage établi entre les diffuseurs acoustiques et la salle d'écoute en termes de disposition géométrique, et, de l'interaction avec le fonctionnement propre des surfaces constitutives. Nous avons déjà parlé, aussi, de la réverbération comme l'un des paramètres qui déterminent la qualité acoustique d'une salle. A cet égard, nous retenons souvent, le « temps de réverbération » comme un chiffre parlant du caractère « clair » ou « sourd » d'un espace sonore, à une fréquence donnée.

Le développement du concept lié à celui de libre parcours moyen et des critères de Sabine,

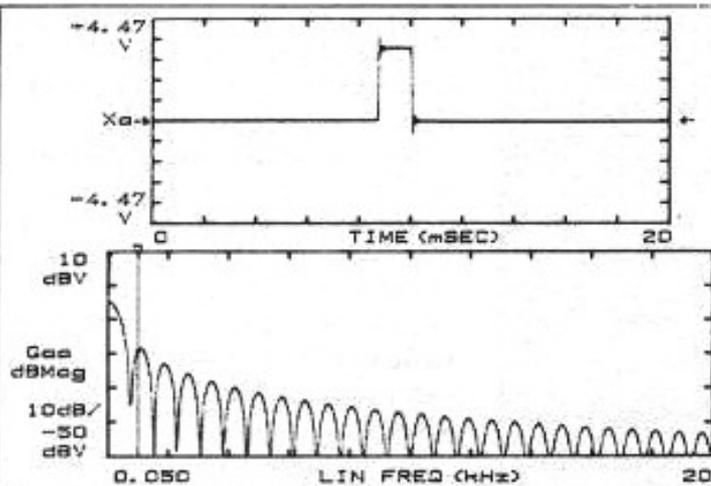


Fig. 5 : Caractéristiques de l'impulsion test à la sortie amplifiée du générateur.

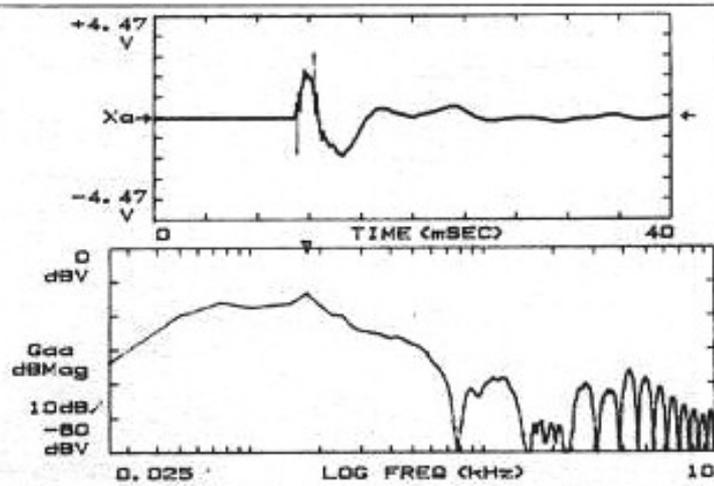


Fig. 6 : Caractéristiques de la réponse impulsionnelle de l'enceinte qui a servi à ce type d'essai, obtenue en chambre anéchoïque.

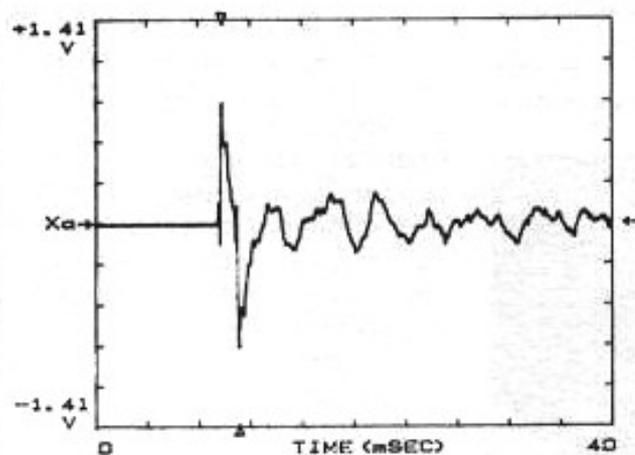


Fig. 7 : Réponse impulsionnelle de l'enceinte dans la position 1 dans la salle d'écoute.

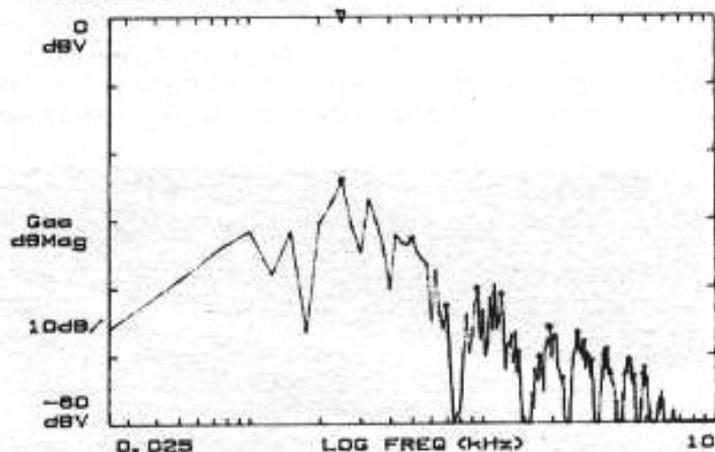


Fig. 8 ; Distribution spectrale de la réponse obtenue en fig. 7. On a signalé les harmoniques correspondants au pic maximum.

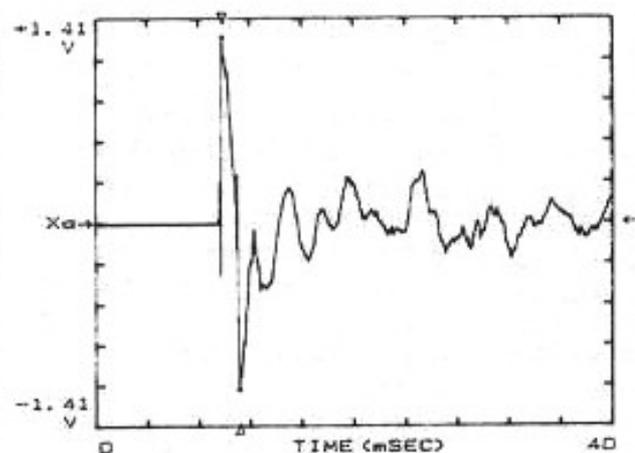


Fig. 9 : Réponse impulsionnelle de l'enceinte dans la position 4 (angle).

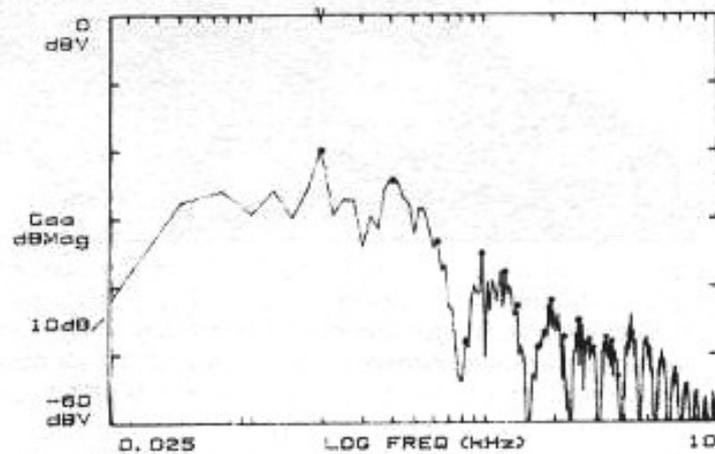


Fig. 10 : Distribution spectrale de la réponse de fig. 9. On a signalé la position des harmoniques correspondants au pic maximum.

Eyring et Pujolle, sont réservés pour un prochain article.

Gardons aujourd'hui l'idée intuitive de la réverbération plus ou moins longue, selon que le volume de la pièce soit plus ou moins important et que le traite-

ment interne soit plus ou moins absorbant.

Rappelons, tout de même, que suivant Sabine, (et dans les limites de validité que nous étudierons prochainement) le temps de réverbération est défini par

l'expression :

$$Tr = 0,16 \frac{V}{A}$$

où V est le volume de la salle et A l'absorption totale.

Il est clair, donc, que le mode de distribution des matériaux sur

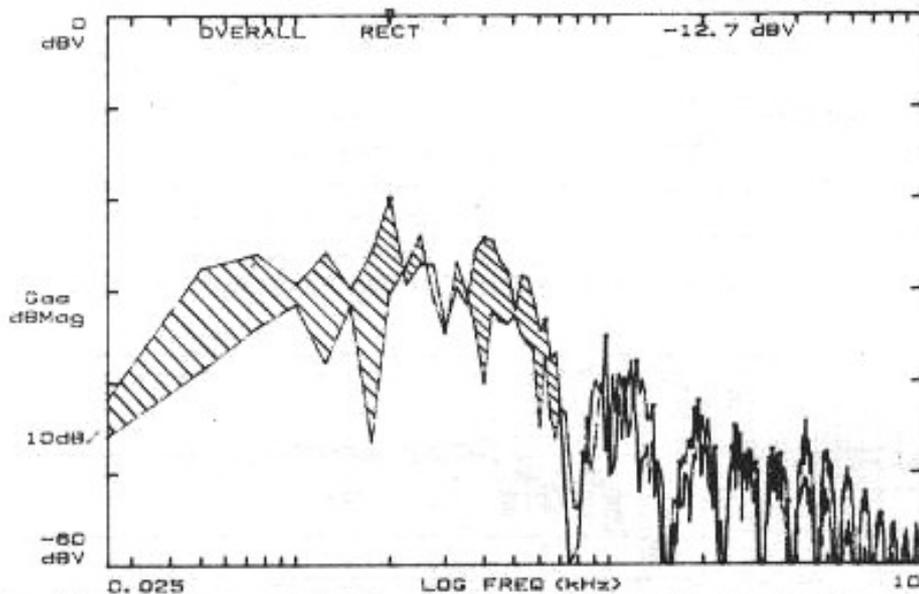


Fig. 11 : Image comparative des réponses spectrales obtenues dans les positions 1 et 4. On signale les zones où l'écart est particulièrement significatif.

les surfaces n'intervient pas dans l'établissement du temps de réverbération. C'est à dire que si par exemple nous cherchons un temps de réverbération de 0,50 s à 500 Hz, à la rigueur, il pourra être obtenu dans une pièce nue en érigeant une pyramide de laine de verre au bon milieu de la salle jusqu'à l'obtention de la valeur de A désirée. Cependant, nous sommes sûrs que dans ces conditions l'écoute sera particulièrement mauvaise.

Nous nous rapprochons ainsi à l'établissement des premiers critères d'aménagement d'une salle d'écoute. Bien que notre objectif, dans cette première

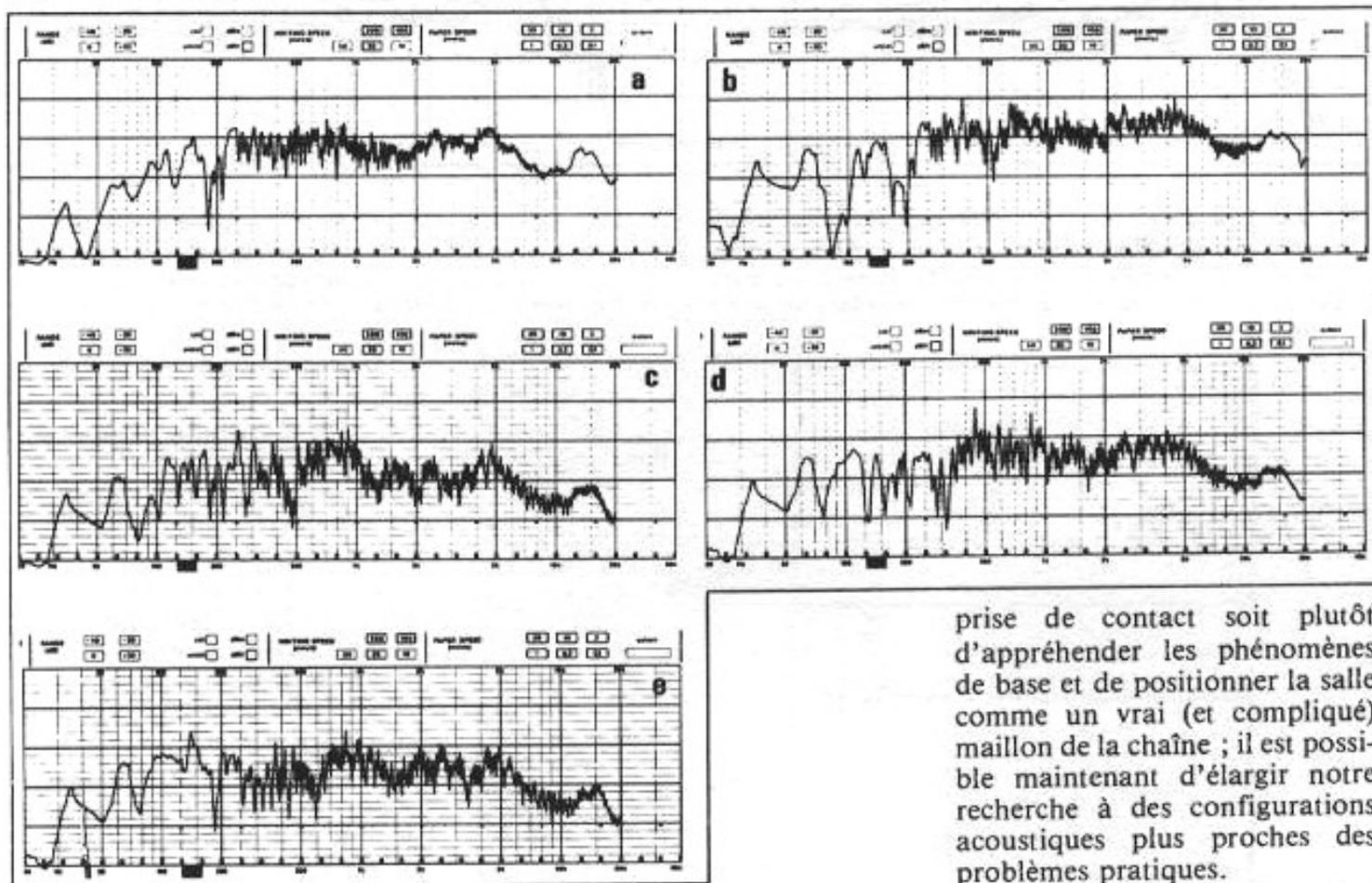


Fig. 12a, b, c, d, e : Les courbes correspondant à la réponse de la même enceinte qui a servi aux essais en régime impulsionnel dans les positions 1, 2, 3, 4, 5 respectivement à l'intérieur de la salle expérimentale. L'enceinte (appelée « a ») a été choisie pour présenter un bas du spectre particulièrement mouvé. Nous signalons que, cependant, l'enveloppe globale a relativement peu évolué. Les variations sont plutôt dérivées de la position relative du microphone et de l'enceinte dans la salle, puisque dans cet essai, le capteur a conservé une position stable, proche des conditions d'écoute normales. Le niveau d'émission est réglé pour obtenir dans chaque cas une valeur de pression équivalente à 1 kHz.

prise de contact soit plutôt d'appréhender les phénomènes de base et de positionner la salle comme un vrai (et compliqué) maillon de la chaîne ; il est possible maintenant d'élargir notre recherche à des configurations acoustiques plus proches des problèmes pratiques.

Dans la même salle expérimentale, en utilisant la même enceinte de dimensions moyennes, nous avons refait les essais d'excitation en régime sinusoïdal et en régime impulsionnel, avant et après d'invertir l'emplacement d'un traitement acoustique absorbant par rapport à la direction de l'émission sonore

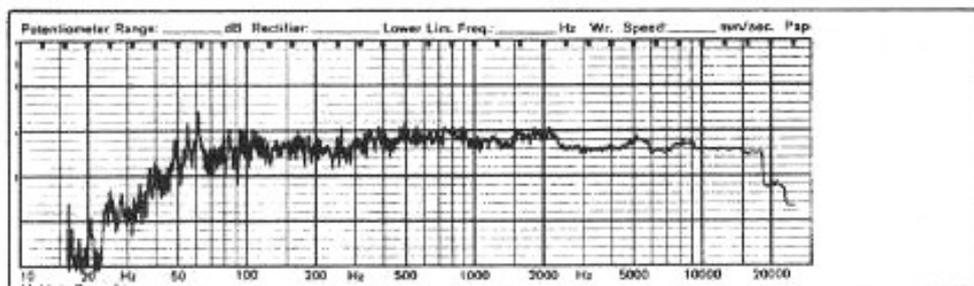


Fig. 13 : Courbe de réponse correspondante à une enceinte B dans les conditions de mesure normalisée en chambre anéchoïque.

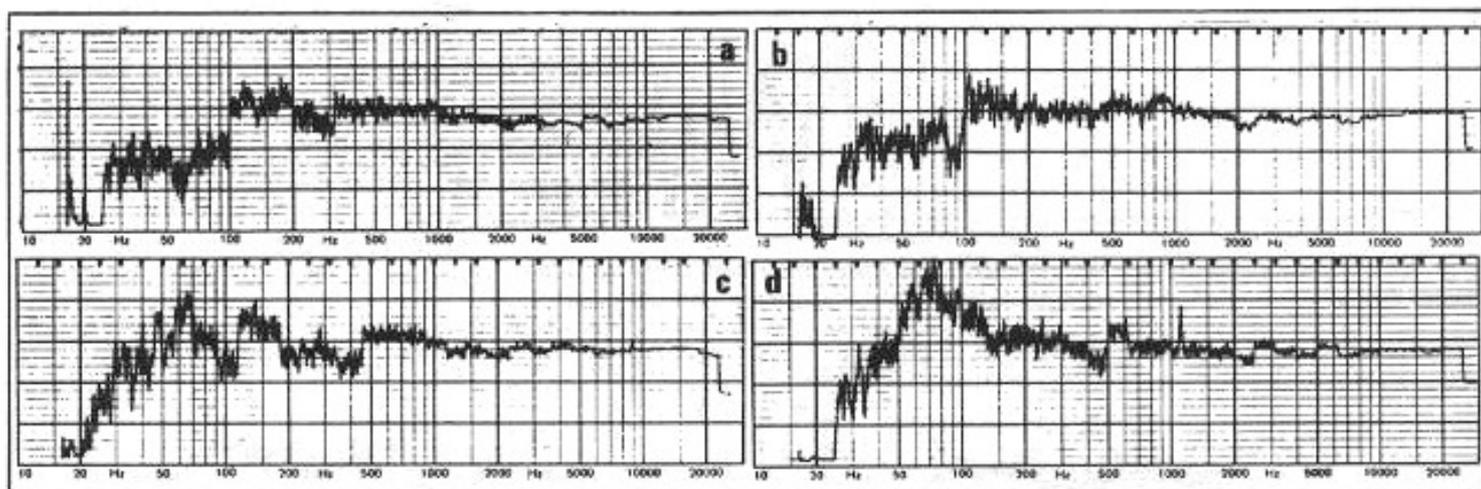


Fig. 14a, b, c, d : Réponse de l'enceinte « B » dans la salle d'écoute. Dans ces conditions les courbes présentent des différences très significatives en fonction du rapport entre l'émetteur et les surfaces constituant la salle. A basse fréquence, l'évolution de la plage 50-200 Hz est assez spectaculaire. Dans la position 5, nous constatons un écart maximum de 15 dB par rapport à la réponse en chambre anéchoïque et de presque 30 dB par rapport à celle obtenue dans la configuration 1 !

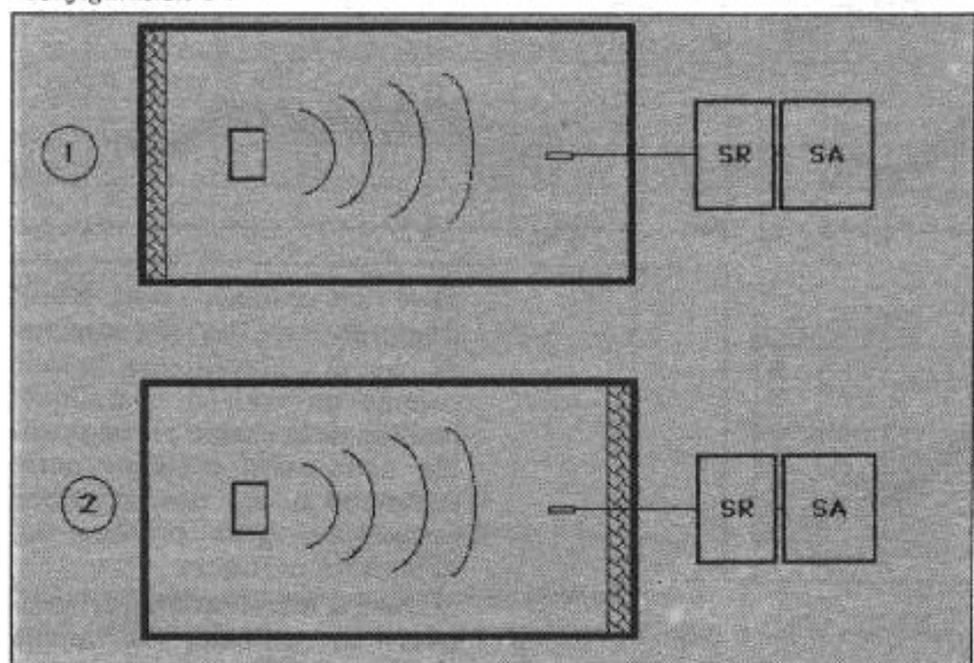


Fig. 15 : Les deux configurations acoustiques présentées dans la même salle sont responsables selon les critères usuels. Cependant dans le cas 1, le microphone (zone d'écoute) est opposé à l'emplacement du traitement en absorption composé d'une membrane flottante recevant un revêtement de mousse de polyuréthane à cellules ouvertes et garniture bosselée, entouré de panneaux de fibres de roche possédant une surface en verre non tissé. Dans le cas 2, le traitement est placé dans la surface située face à l'enceinte, derrière la zone d'écoute.

(figure 15).

Le traitement en question est composé d'une membrane élastique en bois, recouverte d'une couche de mousse de polyuréthane à cellules ouvertes de géométrie bosselée et d'un entourage de panneaux de fibre de roche volcanique possédant une

surface en fibre de verre non tissée.

L'effet d'orientation du traitement est visualisé en figure 16, sous forme de modification de la réponse du transducteur en champ semi-réverbérant.

Les deux courbes de réponse reflètent la modification de l'image sonore en rapport avec l'emplacement du traitement.

Par ailleurs, nous avons pu constater que certaines appréciations subjectives sur la qualité sonore sont assez étroitement liées au comportement acoustique du mur de fond du volume d'écoute. La proximité de cette surface aux oreilles de l'auditeur contribue à l'établissement d'une série de paramètres intégrés dans l'appréciation globale de la qualité de reproduction qui dépasse la simple participation dans la détermination du temps de réverbération.

Ces différences, constatées à

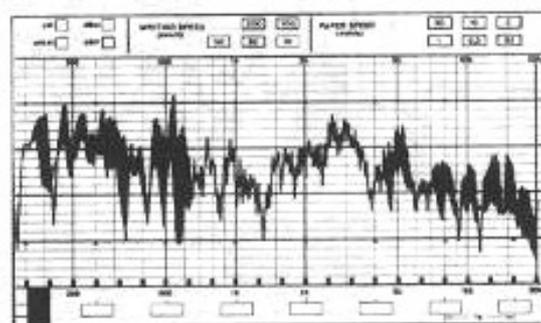
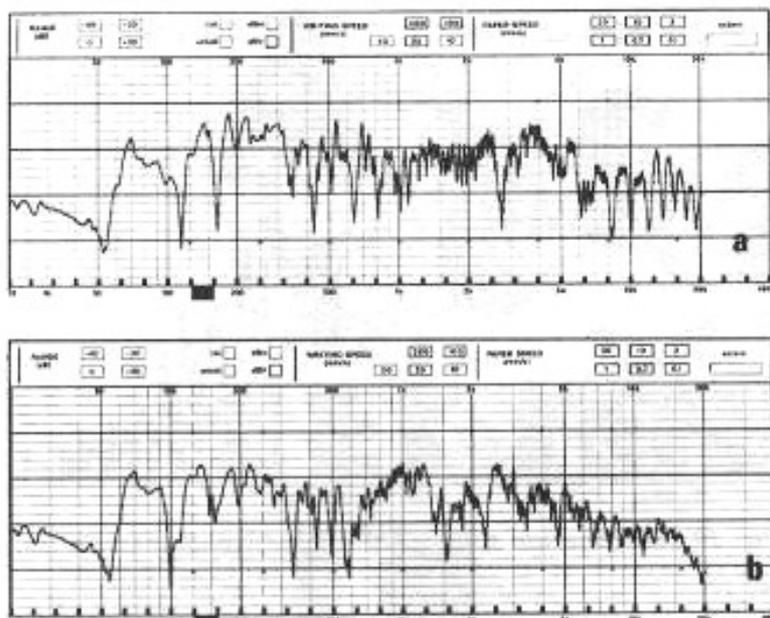


Fig. 16 : La première réponse décrit la condition de réception dans la configuration 1 ; la deuxième réponse montre la transformation dérivée de la position du traitement. Les différences qui traduisent l'expression de « basses qui tournent » et d'écoute « dure » sont signalées dans le dernier graphique sous forme d'aires spectrales amorties.

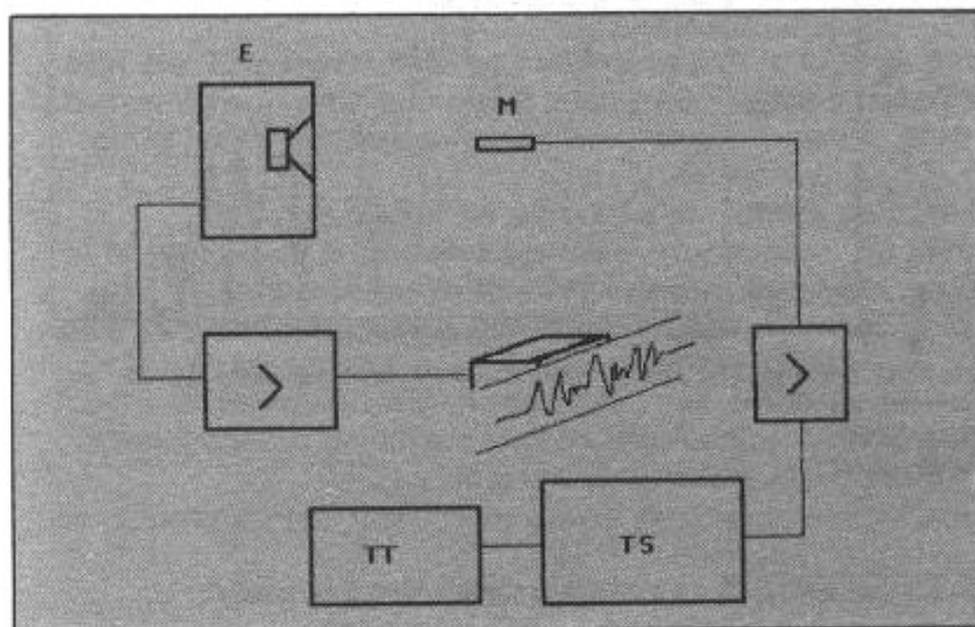


Fig. 17 : Schéma du dispositif expérimental utilisé pour l'excitation musicale enregistré.

partir des signaux qui possèdent une identité physique précise, nous permettent de déduire que l'image musicale sera modifiée en conséquence. Mais, aussi, les capacités d'analyse déployées dans ce travail nous permettent de regarder le phénomène directement, au travers d'un morceau de musique véritable, préalable-

ment enregistré dans un magnétophone de précision. Les capacités d'analyse et le respect des limites posées par l'étendu de la bande passante déterminent un temps de traitement très réduit ; mais le contenu informationnel de notre secteur musical est représentatif de la situation globale. Le schéma du montage est

montré à la figure 17, et les transformations subies par le morceau de musique en fonction du positionnement relatif de l'enceinte et du traitement sont représentées dans les figures 18, 19, 20 et 21. La figure 22 représente l'image temporelle superposée du signal émis par l'enceinte et reçue dans les deux conditions acoustiques différentes.

Nous venons d'ouvrir les portes du travail délicat et passionnant d'optimisation des performances de la salle d'écoute. Nous étudierons bientôt, les problèmes posés par le rapport des dimensions et des fréquences propres, ainsi que les critères retenus pour l'évaluation de la qualité d'une salle en fonction de la **forme** de réverbération.

Les moyens pratiques de contrôle vont suivre à la mise au point fondamentale, pour permettre à chaque audiophile de connaître, et enfin contrôler, le dernier maillon, unique, auquel on exige la plus grande polyvalence, le confort, l'esthétique et l'intégration au reste de la maison, tout en restant isolé du monde...

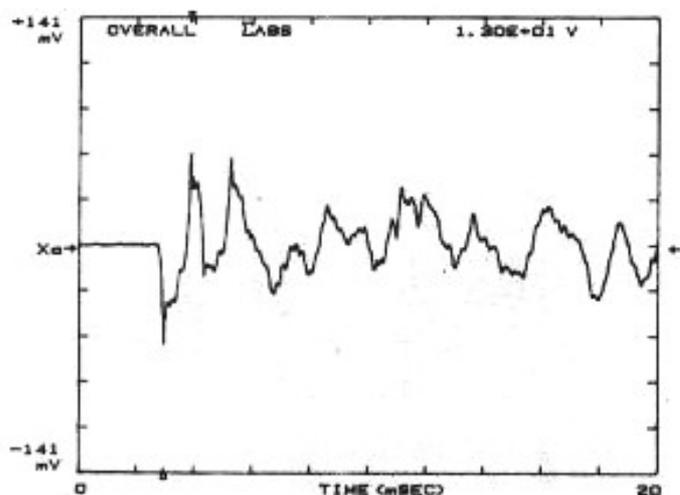


Fig. 18 : Morceau de musique reçu dans la zone d'écoute. Le mur arrière est dur (le traitement est dans la sphère opposée). Le signal est composé d'une réception directe et de son image réfléchi.

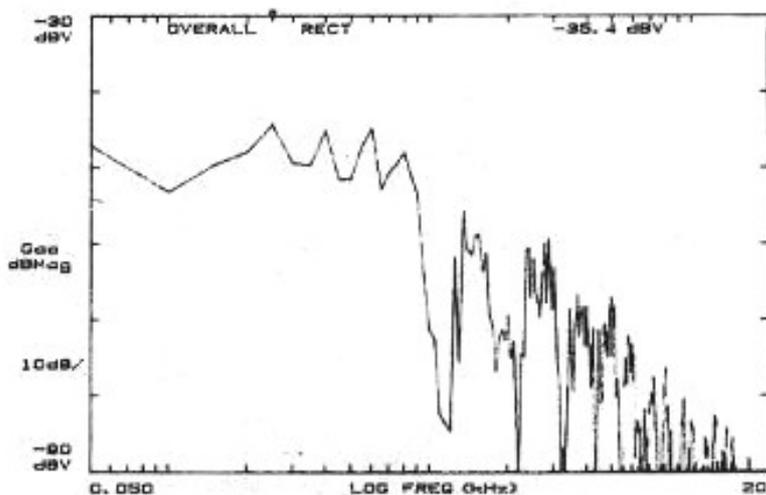


Fig. 19 : Distribution spectrale du signal visualisé en fig. 18.

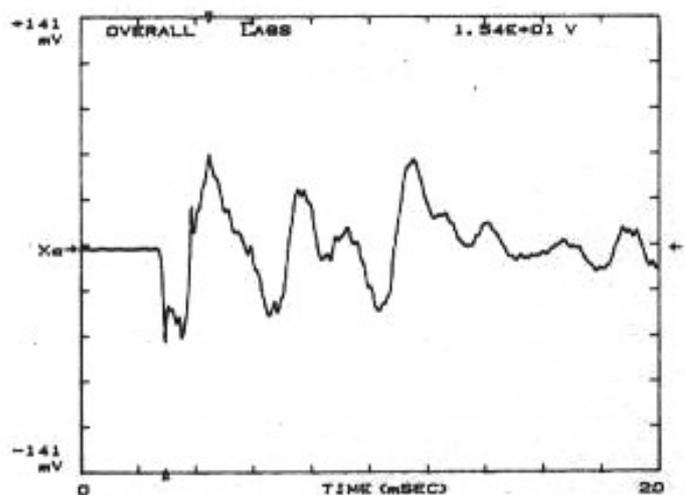


Fig. 20 : Le même morceau musical reçu dans les mêmes points de mesure lorsque le traitement est déplacé au mur opposé à l'enceinte (derrière l'auditeur). L'image sonore ne contient pas de composants parasites.

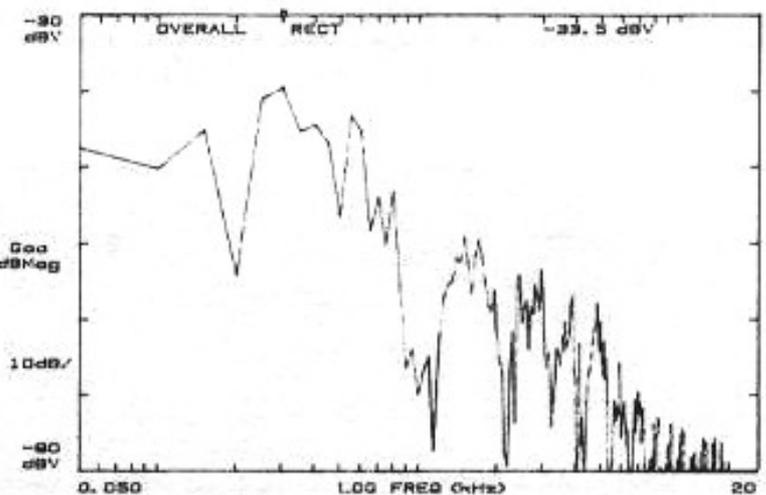


Fig. 21 : Distribution spectrale du signal de la fig. 20.

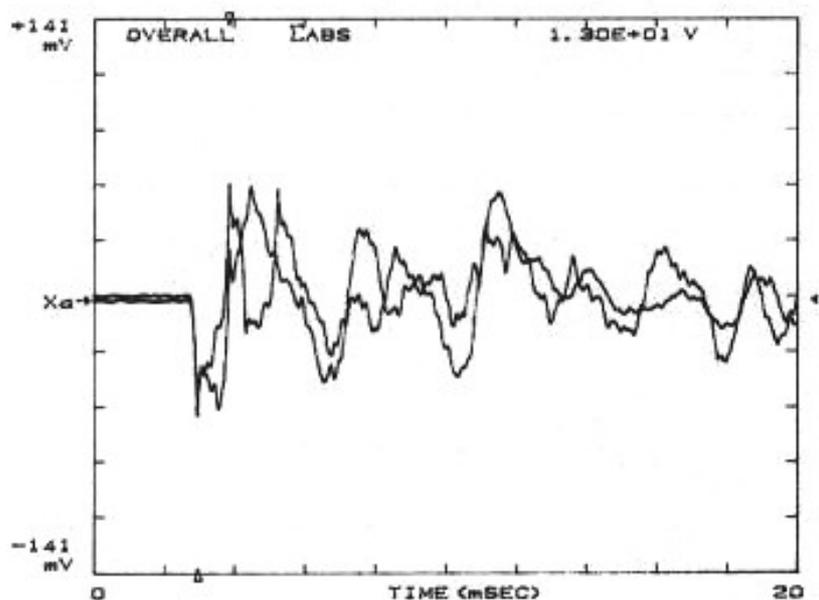


Fig. 22 : Superposition des signaux correspondant au même morceau de musique enregistrée, dans les deux configurations du traitement acoustique. Les images sonores seront nettement différentes malgré l'équivalence des propriétés de réverbération. Le type de traitement et la distribution judicieuse des surfaces acoustiquement actives conditionnent d'une manière objective les paramètres que définit la qualité globale d'écoute.

Audiosoirées

... ET TENDANCES



Les Muses d'Or consacrent ce mois,

ce qu'il faut bien considérer comme l'une des plus belles machines à enregistrer jamais produites, le DAT 1000 Nakamichi.

De notre point de vue de passionné, son utilisation ne devrait pas se cantonner à la simple recopie de disques

- bien que l'enregistrement en numérique à 44.1 kHz ne soit pas le moindre de ses attraits - Dans sa version professionnelle, c'est avant tout un superbe outil pour les preneurs de son, qu'ils soient simples amateurs ou... professionnels. Mais pour mener à bien une telle entreprise,

il faudra lui adjoindre un certain nombre d'équipements à la hauteur de ses exceptionnelles performances. En premier lieu, une table de mixage dont les performances soient d'un niveau équivalent aux siennes.

Bien sûr, quelques micros qui seront choisis en fonction du type de prise de son que l'on souhaite réaliser.

Remarquez que l'Audiophile vous propose comme réalisation personnelle la modification de micros électret disponibles sur le marché à un prix sans concurrence et qui, de bons, deviennent alors tout à fait excellents (se reporter au très intéressant article de Claude Bailblé abordant cette description par le menu).

Néanmoins, le choix est vaste et l'expérience seule permettra de savoir quel type de micro s'applique à quel type de prise de son.

Pour contrôler son travail, on fera appel à un casque ou à de petits monitors de proximité, le mieux étant de passer de l'un à l'autre et vice-versa.

Enfin, certains périphériques sauront rendre des services appréciables.

Citons essentiellement les réverbérations numériques dont le juste dosage redonnera de l'ampleur et de la profondeur aux prises de son un peu sèches.

Un limiteur, pourvu qu'il soit de grande qualité, sera également le bien venu pour prévenir toute saturation (en numérique, celle-ci est très durement ressentie).

Cette liste est loin d'être exhaustive, il y aurait encore le corrélateur de phase bien que les plus chevronnés se suffisent de leur oreille, mais...

Nous parlons ici uniquement de prise de son «Live», la plus praticable avec des moyens amateurs.

Pour le studio et notamment la variété, c'est encore une autre histoire...

Vincent Cousin

Nous ne prétendons pas traiter dans ces quelques pages de tous les aspects qui touchent à la prise de son et à sa pratique. Des ouvrages existent qui abordent le sujet dans toutes ses ramifications et notamment le point crucial du placement des micros par rapport à l'objet sonore que l'on désire «mettre en boîte». Mais là encore, c'est avant tout l'expérience et la sensibilité qui font le bon preneur de son. Tout au plus, souhaitons-nous aborder d'une manière descriptive quelques appareils - consoles, casques, enceintes, périphériques, accessoires, etc. - de nature à compléter avec bonheur un enregistreur de la classe du DAT 1000 Nakamichi. Tel était au moins notre argument de départ...

Une table de mixage adaptée à la prise de son

Peut-être ne serait-il pas inutile d'établir au préalable un cahier des charges aussi précis que possible de la console de prise de son idéale. Il nous faut six à huit voies d'entrée micro/ligne au minimum. Le micro doit rentrer en symétrie sur une impédance de 600 ohms. On veut pouvoir commuter voie par voie l'alimentation fantôme 48 V (plus 12 V si possible). S'il y a également un inverseur de phase, c'est encore mieux. Sinon, on se bricolera des inverseurs câblés que l'on intercalera à l'entrée si besoin est. Sur la tranche, on trouvera un réglage de gain d'entrée (ils peuvent être séparés pour micro et ligne), un inverseur micro/ligne, un filtre coupe-bas commutable intervenant autour de 100 Hz avec une pente d'au moins 12 dB/oct, un correcteur si possible paramétrique avec mise hors service pour comparaison instantanée, un envoi avant et après fader pour un éventuel retour musiciens et un effet, un fader longue course



Sony MX-P21 : une excellente base pour la prise de son avec une approche semi-professionnelle.

et une diode indiquant une éventuelle saturation, une touche de pré-écoute et «last but not least» un réglage panoramique permettant de situer les sources dans l'espace stéréophonique.

Sur les généraux, les retours d'envois auxiliaires avec leurs panoramiques, une clé de pré-écoute générale, une sortie casque et son réglage de niveau, une clé de monitoring pour le magnétophone, un fader général, un oscillateur 1 kHz et deux crête-mètres à aiguille ou de type bargraph. Pour faciliter une éventuelle communication avec les musiciens, un micro d'ordre et un réglage de volume d'ordre (Talk-back). Enfin, une sortie pour l'écoute cabine avec clé de mise en mono et réglage de volume. Les sorties principales seront bien entendu symétriques.

Le tout dans une petite valise avec poignée, bandeau de repos capitonné et couvercle dégondable. Voilà définie notre console pseudo-idéale. On en retrouve les grandes lignes dans le schéma synoptique général d'une console commercialisée par Sony Division Professionnelle sous la référence MX-P21 (fig. 1). C'est une console élégante de dimensions 482 x 130 x 448 mm pour un poids de 12,6 kg, ce qui la

rend aisément transportable malgré l'absence de valise. De plus celle-ci s'alimente indifféremment sur le secteur ou à partir d'une batterie 12 V CC à l'aide d'un cordon spécial. Les voies d'entrées sont au nombre de huit, les six premières comportent même un préampli phono RIAA. En stéréo, on utilise alors deux voies et il faut coupler mécaniquement les deux faders. Il y a deux envois d'auxiliaires par voie dont un commutable avant ou après fader. De plus, les généraux Aux 1 et Aux 2 comportent un vu-mètre indépendant pour chaque. Le correcteur de tonalité est à trois points d'action 100 Hz, 2.8 kHz et 10 kHz avec une efficacité de ± 12 dB et dispose d'une clé de mise hors service. Le filtre coupe-bas agit à 120 Hz avec une action de 12 dB/oct.

La section monitor est très complète avec un niveau indépendant pour le casque et la sortie cabine, l'écoute des sorties auxiliaires ou générales ainsi que le contrôle après bande à l'écoute et aux vu-mètres. Idem pour la section Talk-back avec un micro incorporé que l'on peut envoyer sur les généraux, les auxiliaires ou un réseau d'ordre particulier. L'oscillateur 1 kHz

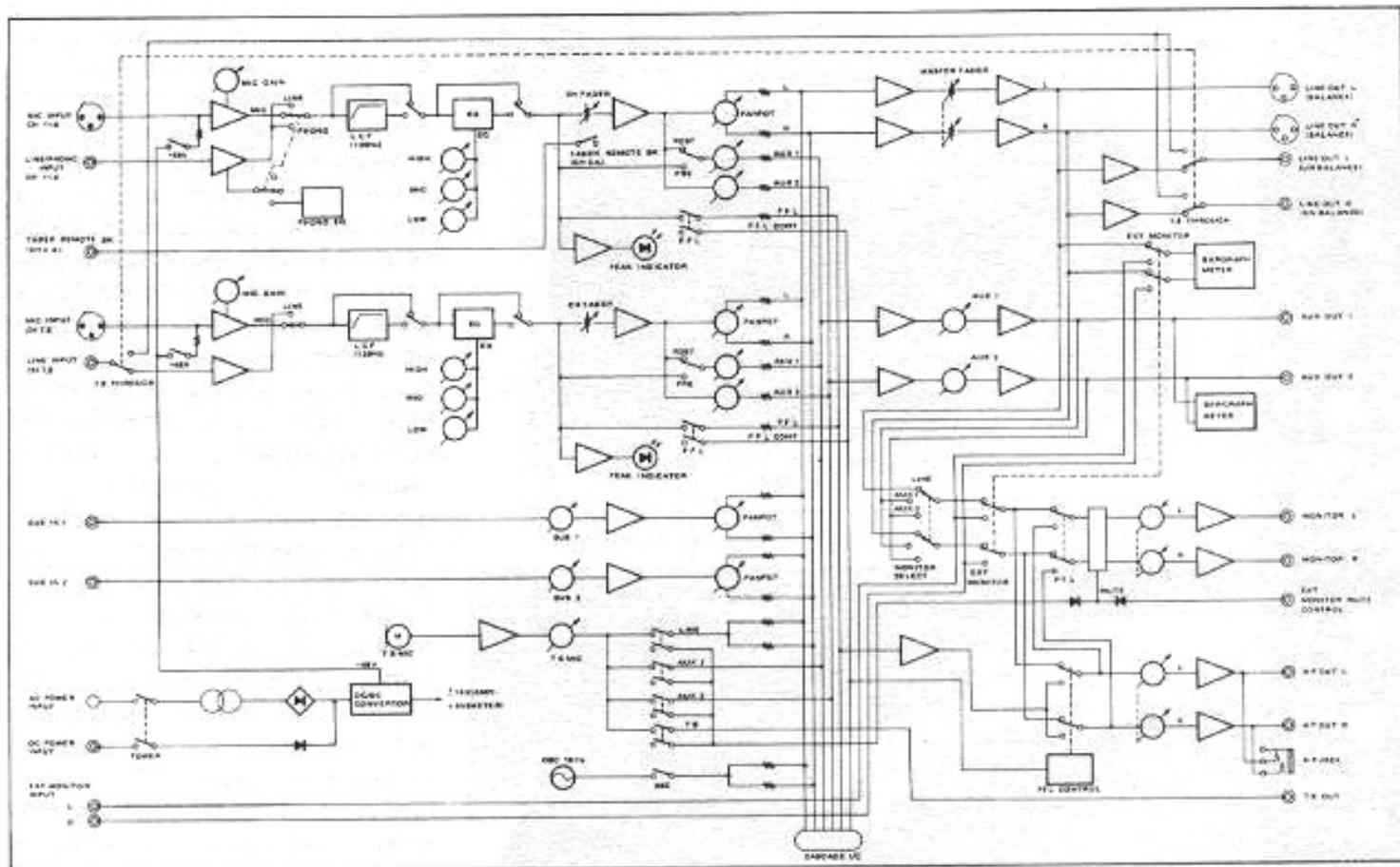
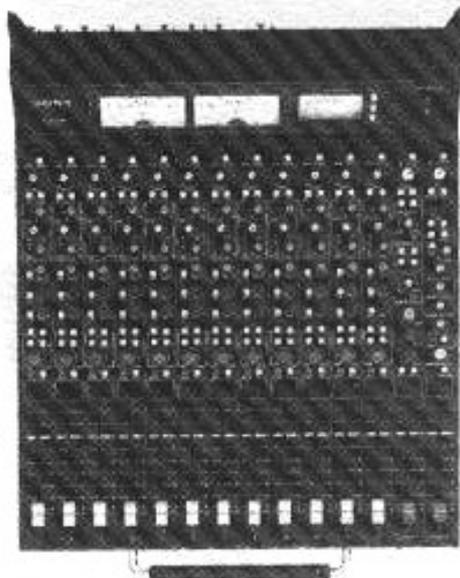


Fig. 1 : schéma synoptique général de la console Sony MX-P21. Une organisation type (cf. texte).

ne fait pas défaut et l'accès aux bus permet d'envisager la mise en cascade de deux mélangeurs pour disposer de 16 voies d'entrées. Le fantôme se commute en face arrière directement auprès des prises XLR d'entrées micro voie par voie. Les généraux sortent également en symétrique sur XLR, toutes les autres connexions se font en Cinch, ce qui fait du MX-P21 un produit semi-professionnel.

L'ergonomie est très soignée : face avant inclinée de quelques degrés, bandeau souple en simili cuir, boutons bien repérés de couleurs différentes, sérigraphie bien lisible, etc.

Avec la MX-P61, on passe à une définition strictement professionnelle du produit : conception modulaire par tranches facilitant une éventuelle maintenance, toutes connexions en symétrique sur XLR, alimentation secteur ou sur batterie 12 V, présentation ultra-compacte en valise de transport rigide avec poignée, etc.

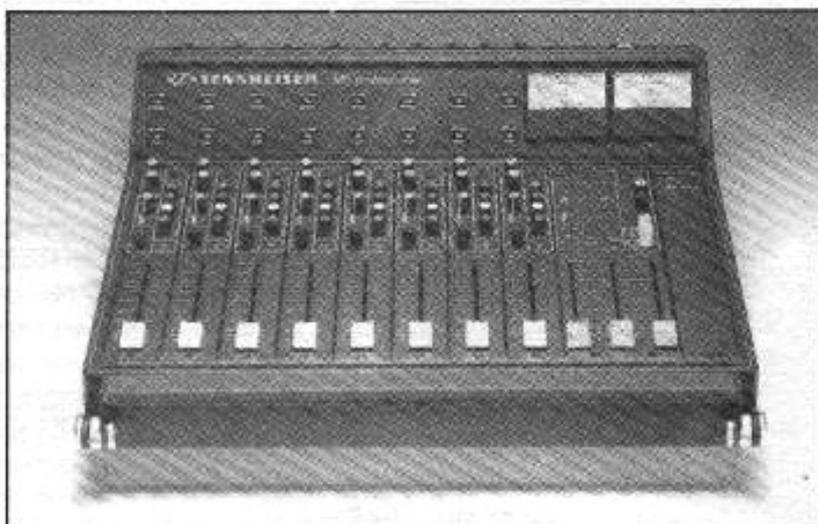
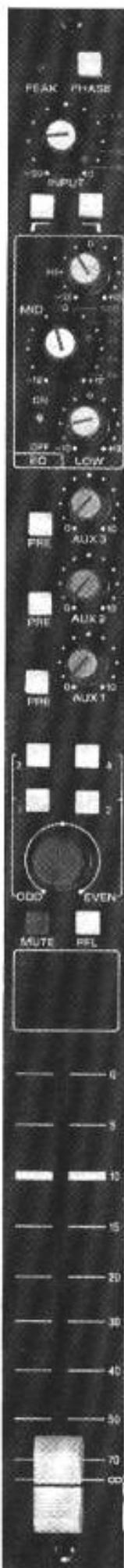


Sony MX-P61 VU : un produit complet et purement professionnel.

Malgré le nombre élevé de voies d'entrées et de sorties (12/4), les dimensions restent raisonnables (430 x 130 x 560 mm - 18,5 kg) pour assurer une bonne portabilité. Le fantôme est commutable par tranche en 12 ou en 48 V. La même entrée sert au micro et à la ligne. On ajuste ensuite la sensibilité sur le

préampli avec plusieurs niveaux et un réglage fin. L'écrêtage est signalé par l'allumage d'une diode rouge. La phase est inversible de 180°. Suivent deux filtres, un coupe-bas (100 Hz-12 dB/oct) et un coupe-haut (10 kHz-12 dB/oct). Le correcteur est semi-paramétrique dans le médium (de 500 à 8000 Hz à ± 12 dB), pour le reste c'est un classique baxandall (100 Hz et 10 kHz ± 12 dB). Trois auxiliaires commutables en pré ou post fader, une matrice de routage vers les généraux, le pan-pot, une touche de coupure de voie très pratique pour se rendre compte instantanément de l'apport d'un micro dans un mixage complexe, une autre de pré-écoute avant fader (PFL) et un fader longue course complètent l'équipement d'une tranche.

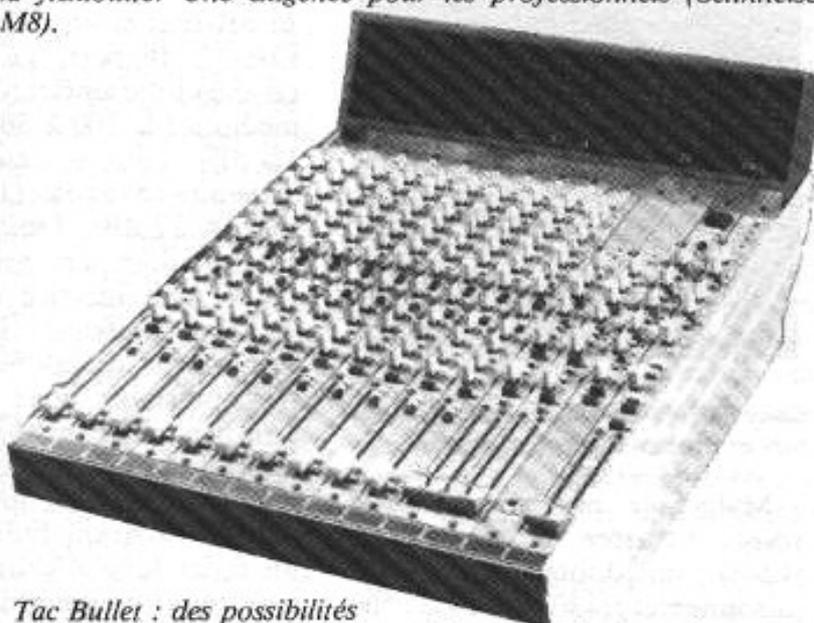
Les généraux sont au nombre de quatre groupés deux à deux en stéréo, ce qui permet de très nombreuses configurations. En fait, cela revient pratiquement à disposer de deux consoles en une



Sennheiser M8 : conçue selon les impératifs de la radio-diffusion.



Une conception modulaire facilitant la maintenance et améliorant la flexibilité. Une exigence pour les professionnels (Sennheiser M8).



Tac Bullet : des possibilités multiples dans un faible volume. Une console de studio en réduction.

Une tranche de console professionnelle : ici une voie d'entrée de la Sony MX-P61. Remarquer l'organisation logique des commandes qui suivent le chemin du signal.

avec toute la souplesse que cela procure (sous-groupe, etc.).

Les généraux sont répartis en deux tranches, d'une part les canaux 1 et 2, d'autre part les canaux 3 et 4 avec un fader unique pour les deux canaux, ce qui revient à offrir deux masters stéréophoniques indépendants. Deux entrées «Sub» avec réglage de niveau et routage complet sont prévues pour recevoir les effets ou le résultat d'un éventuel sous-groupe. On trouve encore un réglage général d'envoi pour chaque auxiliaire mais le plus intéressant est la présence sur chaque groupe d'un limiteur déconnectable dont le seuil se règle par bonds de 2 en 2 dBs entre 0 et + 8 dB. L'action du limiteur est signalée par une diode verte. Le réseau d'ordres avec son micro, l'oscillateur 1 kHz et une section monitor très complète sont également au programme.

Le contrôle de la modulation se fait soit par vu-mètres (MX-P61 VU), soit sur bargraphs couvrant une échelle comprise entre - 40 et + 10 dB en 30 points, d'où une excellente précision (MX-P61 PK). Quel que soit le modèle, il y a trois indicateurs rassemblés sur un bandeau incliné, deux pour les généraux et un pour les auxiliaires et le contrôle pré-fader avec commutation de l'un à l'autre, ce qui offre une vue précise de tout ce qui entre et sort de la console.

L'ergonomie de la MX-P61 est toute professionnelle et les commandes, bien que très serrées, sont clairement disposées et repérées par couleurs.

Professionnelle également dans sa conception et de par ses prestations, la Sennheiser M8, une autre console portable adaptée à la prise de son. La définition du produit répond point par point à un cahier des charges très strict établi par l'Institut de Technique Radiophonique de la République Fédérale Allemande. La M8 Professional est entière-

ment modulaire comme l'exige une utilisation en radio diffusion où une tranche doit pouvoir être instantanément remplacée par une autre en cas de panne subite. La M8 est une console «à la carte». Elle est configurable entre 6 et 12 voies avec un master stéréo et éventuellement un module de communication. La M8 s'alimente sur secteur, sur piles ou sur batterie grâce à un convertisseur courant continu.

Chaque tranche comporte une entrée micro et une entrée ligne avec fantôme 48 V, inverseur de phase et transformateur désymétriseur. Vient ensuite un filtre passe-haut à 3 actions (30, 80 ou 160 Hz à 18 dB/oct) et un réglage de sensibilité. Le correcteur est triple, semi-paramétrique dans le médium avec une position bypass. Le départ auxiliaire est unique, mais peut-être pris avant ou après le correcteur ou après le fader qui, sur la M8, est un Penny & Gilles à course de 104 mm. L'indicateur de surcharge analyse le signal en trois points (idem départ Aux). L'équipement de la voie se complète du PFL, du panoramique et d'une touche de coupure de voie.

Les généraux de la M8 intègrent eux aussi un limiteur intervenant à + 6 dB avec une mise en service voie par voie, un départ auxiliaire avec fader longue course et un double oscillateur 1 et 10 kHz. Pour le retour auxiliaire, rien n'est prévu sur le général, il faudra mobiliser une voie de la console (deux pour des effets stéréo). Toutes les sorties se font en numérique sur prises XLR.

Le module Talk-back intègre un micro, une prise pour un micro extérieur, un petit haut-parleur, une prise casque, un réglage de volume et un clavier de sélection pour le contrôle auditif. Le contrôle visuel se fait sur deux grands crête-mètres gradués de - 40 à + 5 dB. Deux M8 sont couplables entre elles à



Sony MDR-V7 : un casque de contrôle digne de l'ère numérique.

l'aide d'un cordon spécial.

La construction est superbe, entièrement professionnelle : valise de transport avec solide poignée, tranches munies d'un blindage, connecteurs dorés, composants triés à 1 %, etc. Rien à redire de ce côté là.

L'amateur de prise de son trouvera encore de nombreuses consoles plus ou moins sophistiquées notamment chez Tascam, Révox, Yamaha, Seck, D & R, Fostex et bien d'autres encore. Citons, pour finir, la très belle Tac Bullet, une console au format rack 19" offrant un maximum de possibilités dans un petit volume. C'est une 10/4/2 munie d'égaliseurs semi-paramétriques 4 bandes, 6 départs auxiliaires et retours, inverseur de phase et fantôme sur chaque voie, faders longue course, circuit d'ordre, oscillateur, monitor, 7 Led-mètres sur un bandeau inclinable, etc. Une très belle réalisation.

Une écoute soignée et toujours disponible

Pour s'extraire du milieu environnant et disposer d'une écoute précise et directe, un casque fermé est la solution la plus recommandée. Si le fameux Beyer DT48 reste encore pour de nombreux professionnels - surtout du cinéma - un outil de travail précieux, il est certain que depuis 1948 (l'année de sa création), les choses ont tout de même passablement évolué.

Chez Beyer, on s'orientera aujourd'hui plutôt vers le DT 770 mais on consultera également les gammes Koss (Pro/4AAA Plus), AKG, Sennheiser (HD 250 linéar), Audio-Technica (ATH-910) et Quart (QP 70) dans lesquelles on trouvera certainement le modèle de son choix. Cette liste n'est pas limitative et il faut y ajouter deux casques particulièrement bien adaptés à cet usage, le JVC HA-D990 qui a été largement décrit dans notre rubrique du n° 3 de l'Audiophile et un nouveau venu, le Sony MDR-V7, qui pour un faible encombrement présente un ensemble de performances assez exceptionnelles. C'est surtout sa linéarité, son rendement et sa bande passante subjectivement très étendue qui en font un modèle de choix pour le contrôle en prise de son comme pour l'écoute à la maison.

De notre point de vue, l'écoute au casque, si elle est importante, ne se suffit pas à elle-même. Une petite paire d'enceintes sera également bien utile pour contrôler la mise en place et l'ambiance générale de la prise de son. Accessoirement, elle permettra aussi de faire écouter aux musiciens leur prestation fraîchement enregistrée, chose qu'ils apprécieront particulièrement.

Deux petites enceintes actives de bonne qualité avec un système de fixation approprié (pieds ou



Bose Roommate : le plus petit et le plus pratique des monitors amplifiés. Ici sur sa rotule de fixation.

rotules) feront parfaitement l'affaire. Equipées d'un ampli de 2 x 10 W et prévues initialement pour se brancher sur la prise casque d'un baladeur, elles fourniront un contrôle suffisant. Nous pensons surtout aux Wharfedale Active Diamond, de bonnes petites deux voies alimentées sur secteur et disposant même d'un bouton secteur et d'un réglage de volume ainsi qu'aux Bose Roommate, des enceintes comportant un seul haut-parleur large bande de 12 cm au rendu étonnant pour la taille et pour lesquelles existe un système de fixation très bien pensé. Rien de tel en revanche sur les Wharfedale, il faudra faire appel au système D. Dans les deux cas, ne pas hésiter à investir dans le sac de transport spécialement prévu pour ces enceintes, le service rendu valant largement la petite dépense supplémentaire.

Pour ceux qui acceptent de se charger d'un amplificateur extérieur, il y a l'excellente JBL Pro III, une deux voies de petit volume en ABS moulé très résistant avec un 13 cm monté en bass-réflex et un tweeter à dôme titane de 25 mm. Mais si l'on choisit ce type de solution -ampli + enceintes-, le choix est nettement plus vaste.

Périphériques et accessoires

En matière de réverbération, le numérique a maintenant là comme ailleurs complètement remplacé les systèmes à plaques et à ressorts d'antan. Certaines réverbérations professionnelles deviennent tellement naturelles qu'il est difficile de les repérer à l'écoute, même pour une oreille avertie. On ne peut donc que largement recommander leur usage en prise de son, y compris pour le classique, surtout parce qu'elles arrangent bien les choses lorsque la salle n'a pas une belle couleur, cas auquel se heurte malheureusement le plus souvent l'amateur.



JBL Pro III : une enceinte ultra-compacte capable de soutenir un niveau de puissance élevé sans distorsion.

On trouve surtout sur le marché des multi-effets qui contiennent un ou plusieurs presets de Reverb comme chez Yamaha, Korg, Roland, Ibanez et Fostex. Alesis propose même une petite réverbération numérique, la Microverb, à un prix particuliè-



Parmi les accessoires indispensables au preneur de son, un pied girafe permettant de placer son couple à bonne hauteur (Beyer ST 214/1 + SCH 212/C).



Yamaha SPX 1000 : un multi-effets numérique programmable comprenant quelques programmes de réverbération stéréo et une fonction égaliseur paramétrique.

rement attractif et avec plusieurs programmes à la simulation excellente. Si possible, demander à écouter en parlant dans un micro et ne choisir qu'un effet stéréophonique à l'exclusion de tout autre.

Un des problèmes les plus souvent rencontrés en prise de son consiste à... fixer ses micros. Ne pas omettre de se munir de divers pieds, perches et réglages. Un pied girafe permettant de hisser un couple à une hauteur de l'ordre de 3 ou 4 m sera également toujours le bienvenu. Consulter à ce sujet les catalogues des fabricants de micros qui regorgent de ce type d'accessoires. Ne pas oublier non plus de se munir d'une bonne longueur de cordelette (au moins 20 m) et de scotch américain qui rendront toujours des services appréciables, et surtout... une grande rallonge secteur ainsi qu'une nourrice.

Conclusion

Les Muses d'Or au DAT 1000 Nakamichi, c'était pour nous l'occasion d'aborder succinctement le problème du matériel adapté à la prise de son. Notre objectif serait déjà pleinement atteint si cet article n'avait fait que susciter quelque engouement parmi nos lecteurs pour quelque chose qui donne à la Hi-Fi tout son vrai sens : la musique vivante.

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

- Réalisation personnelle -

MICROPHONE A ELECTRET



Le Walkman pro, le Nagra stéréo, le Revox,

*sont chacun, dans leur catégorie,
des appareils de prise de son
qui intéressent l'amateur exigeant
et éveillent la curiosité des audiophiles.*

*Le D.A.T., nouveau venu sur le marché des enregistreurs
de qualité (Nakamichi, Sanyo, Sony...),
pourrait bien élargir le cercle des « happy fews »
pratiquant la prise de son et écoutant leur « master »
sur leur hifissime stéréo de chaîne.*

*Au-delà du jouet, cela peut être l'occasion de découvrir
un domaine de création étonnant,
la « photographie » (grand format !) par les sons,
là où l'enregistrement des lieux fait place
à la saisie des moments.*

*Bruits sans images, paysages rêveurs, climats, voix aimées,
musiques attrapées en rivage.*

Où qu'il aille, le promeneur fait ses croquis sonores.

*Temps élastique, temps imaginé,
surprises obliques de l'instant.*

*Et puis mémoires incertaines, souvenirs réveillés,
clichés de la nostalgie. Orphée, ou le plaisir du son.*

*L'audiophile s'enhardirait vers le soft,
vers la création de bandes sonores...*

Seulement voilà !

Où trouver de bons micros ?

Neumann ? Beyer ? AKG ? Schoeps ?

Certes, ils existent, mais à quel prix ?

Le hard vient ici au secours du soft.

*La réalisation proposée consiste à transformer
un micro du commerce, très convenable et très abordable
(le Primo EMU 4520, importé par la société LEM)
en micro comparable aux meilleurs
pour un coût total de l'ordre de 1 200 F environ.
Voici comment !*



Claude Bailblé

Depuis son invention en 1878 par David Hughes, le microphone a connu bien des progrès. Les électrodynamiques et les électrostatiques ont remplacé l'antique capteur à contacts imparfaits. Parmi eux, les microphones à condensateurs se sont distingués par leurs extrêmes qualités (transitoires, transparence, bande passante) au point d'équiper tous les studios, d'emporter la plupart des enregistrements. Il y eut les microphones à lampes, il y a aujourd'hui les microphones à effet de champ. Leur prix très élevé (10 à 15 000 F le micro) les réserve aux applications professionnelles.

Principes

Une capsule constituée d'un condensateur à deux armatures, dont l'une, ultra-légère, recueille les vibrations aériennes, fournit un signal modulé sur une impédance de charge très élevée ($> 100 \text{ M}\Omega$). Un convertisseur d'impédance, à gain en tension non négligeable, ramène la modulation à des valeurs plus facilement gérables par l'électronique courante. Enfin un transfo de sortie incorporé dans le micro donne à l'opérateur un signal normalisé (soit environ 10 mV sur 200 Ω) directement exploita-

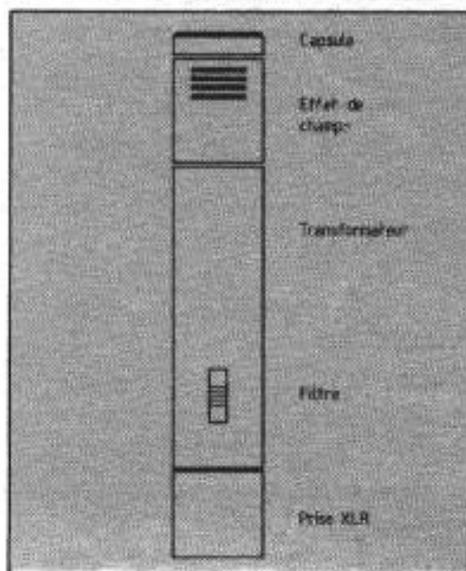


Fig. 1 : Le microphone avec ses divers éléments constitutifs.

ble par les maillons suivants : câbles, magnétophones, tables de mixage.

On a donc affaire à une double transduction : l'une mécano-acoustique, transforme la vibration acoustique en oscillation mécanique. L'onde acoustique incidente impose à la membrane du micro une force alternative. Cette force mécanique, « vue » de la membrane, dépend de la pression acoustique P répartie sur la surface S du diaphragme. Le mouvement engendré est une oscillation dont la fréquence est celle de l'onde incidente.

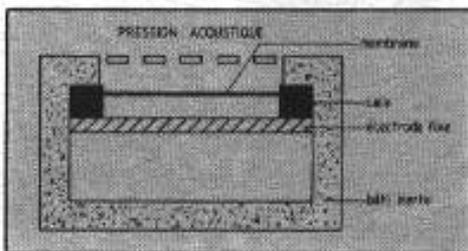


Fig. 2 : La force vibratoire F dépend de la pression acoustique P_a répartie sur la membrane de surface S ($F = P_a.S$).

L'autre, mécano-électrique, traduit l'oscillation mécanique avec la distance séparant les deux électrodes. La variation Δd de distance est convertie en variation ΔC de capacité.

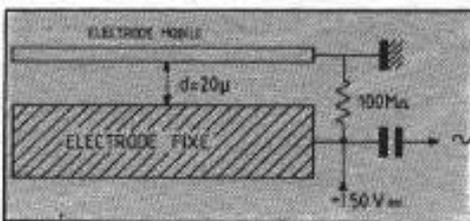


Fig. 3 : La capacité varie avec l'écartement des électrodes mais l'excursion reste faible (de l'ordre du micron).

Quand la capacité croît (par rapprochement) un courant de charge traverse le circuit. Quand elle décroît (par éloignement de l'électrode mobile) un courant de décharge apparaît. Ce courant oscillatoire crée une tension alternative aux bornes d'une résistance de charge R ($> 100 \text{ M}\Omega$), tension proportionnelle à l'amplitude du déplacement de la membrane.

$$C = \epsilon \frac{S}{d}$$

Ceci impose que le déplacement de la membrane soit indépendant de la fréquence.

En d'autres termes, pour obtenir une courbe de réponse étendue et régulière, il faut que la membrane vibre à « amplitude constante » (ou à déplacement constant) et que seule la vitesse vibratoire varie.

On obtient ce comportement mécanique en rejetant la fréquence de résonance vers les fréquences les plus élevées du spectre audible, en sorte que la membrane est « contrôlée » par l'élasticité de l'air enfermé dans la capsule. Son déplacement ne dépend alors que de la pression acoustique et non de la fréquence oscillatoire.

Contrôle par la compliance

Aux fréquences inférieures à la résonance de l'équipage mobile, la membrane est « tenue » par la raideur élevée du coussin d'air emprisonné par l'espace inter-électrodes. Mais ce volume d'air est si petit (soit $200 \text{ mm}^2 \times 0,02 = 4 \text{ mm}^3$ pour un condensateur classique) que la fréquence de résonance est reportée dans les ultra-sons et surtout — la raideur étant trop élevée — il se produit une perte de sensibilité, en raison de la trop grande réactance d'élasticité pour les fréquences audibles.

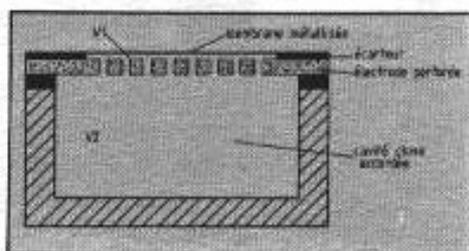


Fig. 4 : Le volume V_1 interélectrode (4 mm^3) débouche sur le volume V_2 de la cavité accordée (300 mm^3).

On obtient une bonne sensibilité en augmentant le volume d'air (le moelleux du coussin) sans sacrifier à la faible distance inter-électrodes ($< 20 \mu$) par

une astuce, la perforation multi-trous de l'électrode fixe.

Ainsi la résonance est ramenée autour de 15-20 kHz par l'association d'une masse m très petite (proche du centigramme ?) et d'une compliance m très faible (soit une raideur élevée). Rappelons que la résonance d'un système mécanique est donnée par la formule :

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{m C_m}}$$

Si le produit $m C_m$ est petit, la résonance est reportée dans les fréquences ultra-aiguës.

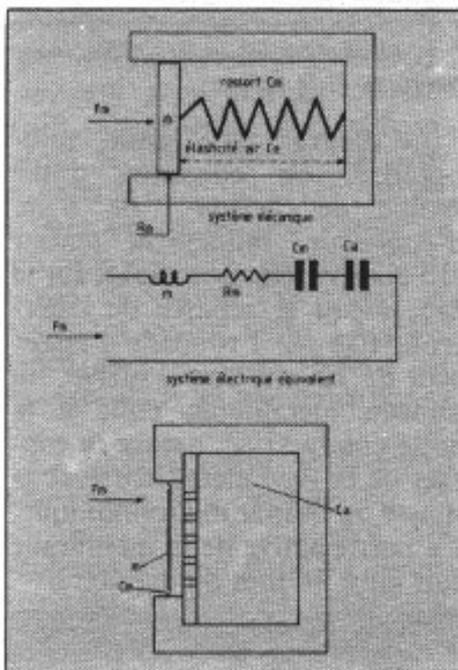


Fig. 5 : Analogies mécanique et électrique de la capsule omnidirectionnelle.

Contrôle pour l'amortissement

Dans le cas où l'on utilise une capsule unidirectionnelle (cardioïde), le contrôle de la fréquence de résonance se fait par une résistance acoustique d'amortissement. La directivité cardioïde est obtenue par addition de l'onde avant et de l'onde arrière mobilisant *simultanément* la membrane. Dès lors, le diaphragme vibre « à l'air libre » et devient très sensible au vent. Il n'y a plus de cavité close,

de coussin d'air pour « contrôler » la membrane dans ses déplacements.

La fréquence de résonance descend dans le spectre audible, vers 600 Hz, tout simplement parce que la compliance est très élevée.

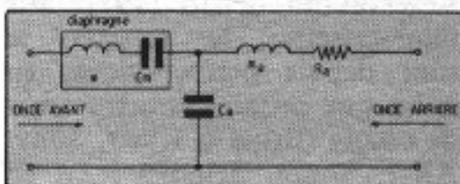
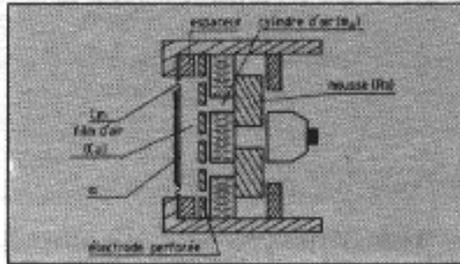


Fig. 6 : Principe de la capsule unidirectionnelle.

Une résistance acoustique (un frein à la vibration) est donc disposée sur le trajet de l'onde arrière. Elle est constituée d'un anneau de mousse légèrement comprimée (1 mm d'épaisseur, 18 mm de diamètre externe, 8 mm de diamètre interne) visible à l'arrière de la capsule. Par ailleurs une masse d'air très petite emprisonnée dans 8 petits cylindres de 1 mm de diamètre et 1,5 mm de hauteur corrige les irrégularités qui subsistent, tout en laissant passer l'onde arrière. Au total, la résonance est complètement amortie et ne se « voit » plus sur la courbe de réponse. (Sans doute s'entend-elle encore un peu ?).

Effet de champ, transfo

La tension obtenue sur la résistance de charge est appliquée à l'amplificateur-convertisseur placé *au plus près de la capsule*. C'est que l'impédance de sortie y est très élevée et entièrement capacitive (à peu près égale à celle du diaphragme placé devant l'électrode fixe, soit ici

120 pF, pour le micro qui nous intéresse). Il importe d'utiliser un FET ayant un gain élevé et un I_{GSS} le plus faible possible (1). Rappelons qu'un transistor à effet de champ fonctionne comme une triode. Le flux électronique y est modulé par la gate comme par la grille. (cf. fig. 7).

Un filtrage situé en aval du FET permet d'adapter en souplesse la réponse du micro aux différents champs acoustiques rencontrés. Il s'agit d'un passe-haut à trois positions qui, sans toucher à la phase, permet de résoudre bien des problèmes de balance spectrale en champ libre ou en champ réverbérant.

Enfin un transfo de haute qualité réalise la sortie du signal en 200 Ω symétrique et l'entrée de l'énergie électrique nécessaire (alim. fantôme) au fonctionnement du micro.

Car tout ce dispositif a besoin, hélas, d'une double alimentation : celle, à *courant quasi-nul*, indispensable à la polarisation du condensateur (50 Hz) et celle, à *courant faible* (5 mA sous 12 V ?) nécessaire à la bonne marche de l'effet de champ cité ci-dessus. D'où le branchement expliqué ci-contre, habituellement rencontré.

On comprend pourquoi les micros à condensateurs sont

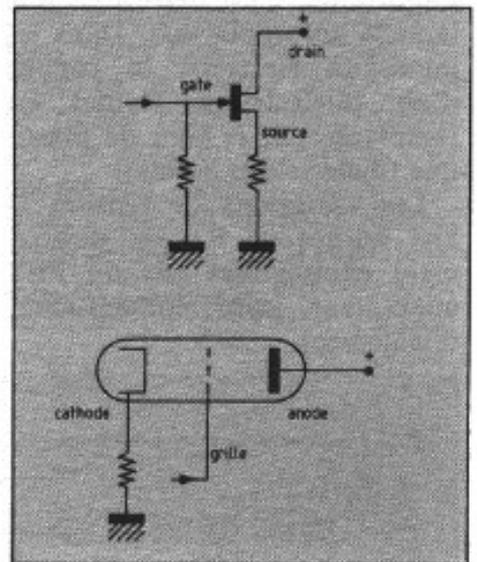


Fig. 7 : Le transistor effet de champ et la triode.

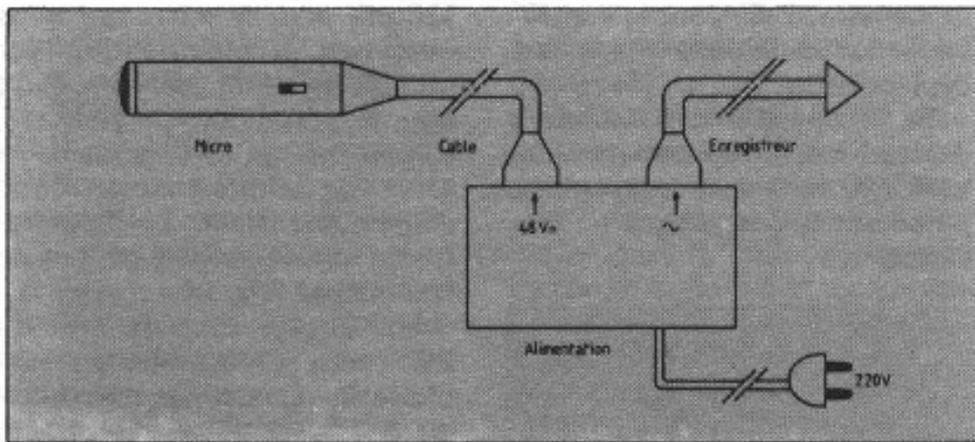


Fig. 8 : Schéma de branchement d'un micro statique classique.

chers, et on voit aussi pourquoi ils se prêtent mal à la prise de son extérieurs (2).

Electrets

Dès lors, la découverte des électrets ou condensateurs auto-polarisés va bien simplifier les choses. L'électret est le « cousin » de l'aimant permanent : il présente deux pôles de charge électrique opposés. Les matériaux les plus favorables à la fabrication de champs électriques permanents sont les plastiques polymères à haute résistivité tels que le Teflon ou le Mylar. Le matériau choisi est soumis sous haute température (180° à 250°) à un champ électrique élevé (3 à 4 kV). Après refroidissement, le matériau plastique garde une charge importante, c'est désormais une lamelle auto-polarisée. Dans les micros à électrets, la couche d'air (diélectrique fluide) est remplacée par le film de plastique (diélectrique solide).

Les variations de tension U aux bornes de R sont directement exploitables par un FET adaptateur, sans condensateur d'isolement.

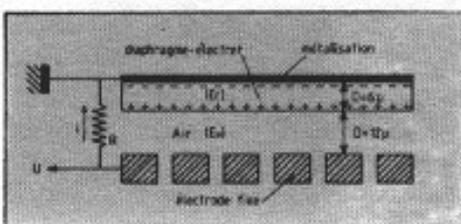


Fig. 9 : Principe de l'électret.

Une petite pile suffisait alors à l'alimentation de l'ensemble. Réservés au départ (1971) aux mini-cassettes, les électrets se sont depuis perfectionnés, au point que certains constructeurs de renom (Bruël et Kjær, Sony, AKG, Shure, Sennheiser...) en proposent sur leurs catalogues professionnels (3). Le microphone Primo EMU 4520, fabriqué au Japon, importé par LEM a retenu notre attention (4) pour son prix inhabituel (autour de 750 F T.T.C) et sa haute qualité. La modification ici proposée porte sur la capsule, l'effet de champ, le filtrage, le transfo de sortie, l'alimentation, les câbles.

La capsule « EM23A »

La capsule omnidirectionnelle « EM23A » mesure 11 mm de haut pour un diamètre de 21 mm. Elle réunit les éléments de la double transduction acoustico-mécano-électrique. A l'avant, derrière la grille protectrice, on distingue les 8 ouvertures disposées en anneau, laissant la partie cen-

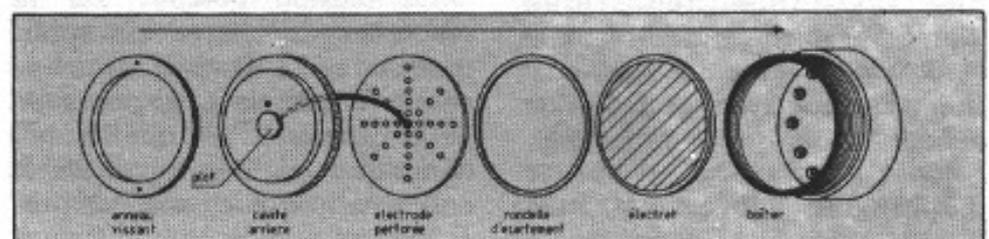


Fig. 10 : Vue éclatée de la capsule « EM23A ».

trale, au dessus du diaphragme vibrant, fonctionner comme cavité résonante, renfort des aiguës (entre 3 et 9 kHz).

L'arrière montre la coque isolante avec son plot de contact, réuni à l'électrode fixe. Un anneau vissant maintient fermement en place les deux parties. La cavité (coussin d'air) s'étage en gradins pour un volume de $0,3 \text{ cm}^3$.

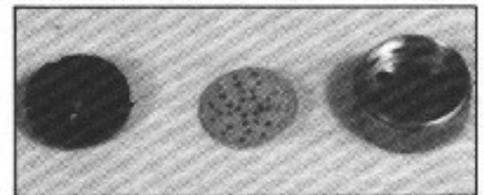


Fig. 11 : La cavité arrière, l'électrode perforée et le boîtier.

Le diagramme vibrant, auto-polarisé, est constitué d'une feuille de Teflon de $6 \mu\text{m}$ d'épaisseur, faiblement tendue (10 N/m) métallisée nickel sur la face avant et séparée de l'électrode fixe par 1 rondelle d'épaisseur de $12 \mu\text{m}$. Sur le nickel, un anneau métallique, collé à la colle conductrice, assure le contact de la face métallisée avec la masse du boîtier microphonique. La partie active de la membrane fait ainsi 16 mm de diamètre.

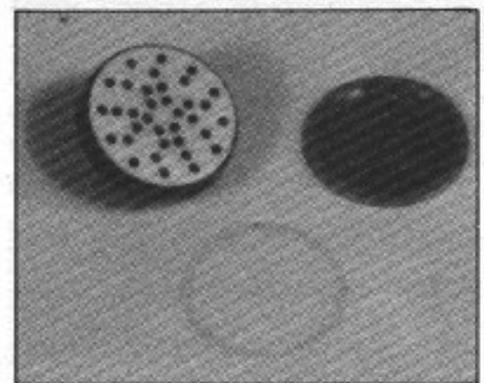


Fig. 12 : L'électrode perforée, la rondelle d'écartement et l'électret.

L'électrode fixe distante d'une dizaine de microns de l'électrode mobile, est percée de 35 trous de $5/10^6$ de mm, régulièrement disposés.

Le démontage doit s'arrêter à l'électret, qu'il n'est pas conseillé de sortir de la capsule.

Fonctionnement

L'électrode mobile, ultra légère, est faiblement tendue pour éviter le craquèlement du Teflon : 10 N/m au lieu des centaines de N/m habituellement usités sur les électrostatiques classiques à feuille de mylar. La raideur nécessaire est puisée dans la faible compliance de la cavité close située derrière l'électrode fixe, qui joue comme coussin d'air, au travers des perforations. Si l'on excepte les forts niveaux acoustiques (135 dB) où la membrane distord (prise de son de proximité sur des instruments puissants) l'ensemble se comporte plutôt bien. La résonance de l'équipage mobile est reportée dans les aiguës extrêmes (5).

La surface active de la membrane étant de 2 cm² environ, on n'a pas trop à craindre des déphasages, sauf dans les aiguës extrêmes. Il subsiste cependant de légères colorations résiduelles dues aux ondes stationnaires qui s'établissent dans la membrane en Teflon/nickel faiblement tendue et de forme circulaire.

Le rendement de la capsule dépend en gros de la densité de charge (en coulombs/m²) de la permittivité diélectrique (ϵ_r) du plastique utilisé et de la distance inter-électrodes.

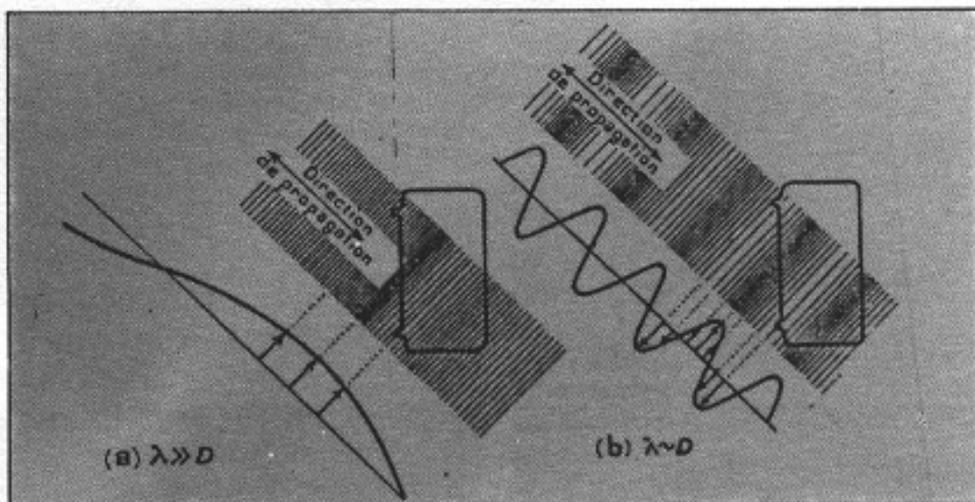


Fig. 13 bis : Différence de phase entre les divers points d'un diaphragme. a. Longueur d'onde supérieure au diamètre du diaphragme. b. Longueur d'onde inférieure au diamètre du diaphragme.

Modifications

La modification consiste à diminuer la distance effet de champ-capsule, à améliorer le transfert de modulation électrodes-gate/source, en usant de câbles Isoda (à défaut fils de Litz) et en soudant l'effet de champ directement sur la capsule. Ainsi les fuites capacitives sont réduites au minimum.

On verra que le transport du grain (quelques microvolts à 10 kHz !), que la transparence (plus de fils, plus de contacts coûteux) y gagnent énormément. En effet, la connexion de masse se fait par un frotteur sur le boîtier du microphone, tandis que le retour de l'électret se fait par la colle conductrice, l'anneau, le pas de vie, et le corps métallique du microphone.

Ce travail est très méticuleux. Pompe à dessouder, fer à souder 20 W, soudure multicore, local sans poussière, précaution extrême-

mes, sont requis (6). C'est de la **micro-chirurgie** (cf. fig. 15, 16 et 17). Il faut dévisser l'anneau arrière de fixation, y percer deux trous légèrement inclinés ($\pm 15^\circ$) vers l'intérieur, à la mèche de 1 mm, diamétralement opposés. On démonte ensuite la capsule pour y dessouder le fil de liaison plot central-contre-électrode. Un petit orifice est ménagé près du plot central, pour y passer 2 à 3 cm de câble Isoda. Ce câble est alors soudé à l'électrode perforée, en prenant soin de ne pas obturer les trous avoisinant la soudure. Un point de colle ferme **hermétiquement** la cavité arrière sur le passage du fil. On soude alors le fil de masse (20 cm environ) sur l'un des trous de l'anneau, la source du FET sur ce même emplacement, tandis qu'une patte de la résistance de charge est soudée sur l'autre trou. L'anneau est alors revissé, **après soudures**, car la capsule ne doit en aucun cas être chauffée ou tiédie, l'électret serait endommagé. Une fois l'anneau revissé, on peut procéder aux soudures sur le plot central : Isoda, gate du FET, résistance de 100 M Ω .

La capsule unidirectionnelle ne peut être modifiée que sur l'anneau vissant.

Il est prudent de mettre de côté la résistance 1/8 W-100 M Ω

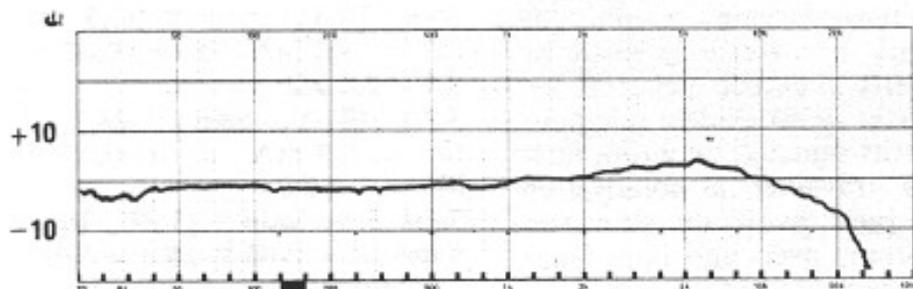


Fig. 13 : Courbe de réponse du Primo EM23A. On notera l'excellente linéarité. La sensibilité est 2,7 mV/Pa.

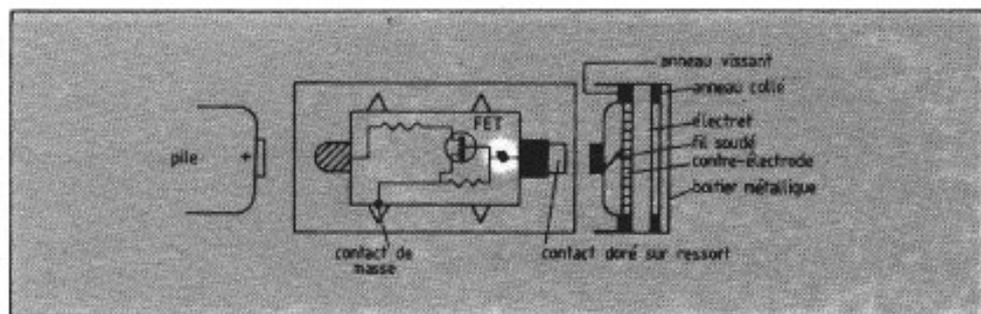


Fig. 14 : Assemblage d'origine de la capsule et de l'effet de champ.

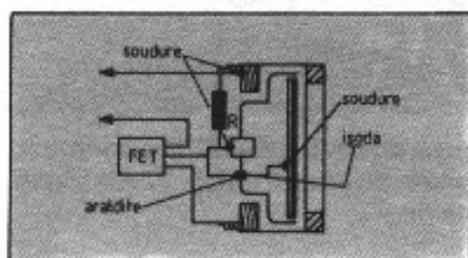


Fig. 15 : La capsule et l'effet de champ après modification.



Fig. 16 : Première étape : soudure à faire avant revissage (voir texte).

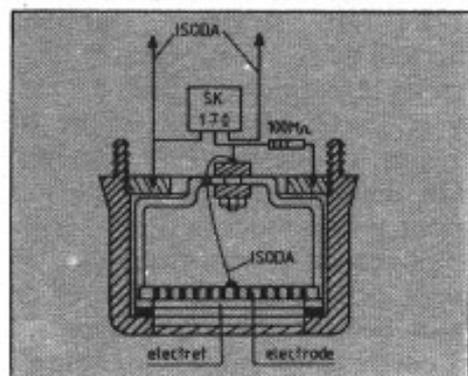


Fig. 17 : Détail du câblage. La spirale du fil de masse (sens anti-horaire) prévue pour faciliter le remontage de la capsule sur le micro.

d'origine : les Allen-Bradley 100 MΩ 1/4 W ne se trouvent pas facilement.

L'amplificateur-convertisseur

Le SK170 utilisé dans l'amplificateur « Pacific » de Jean Hiraga a beaucoup de qualités (gm élevé, faible IGSS, grande linéarité, faible niveau de bruit). En utilisant le schéma du pré-pré proposé dans L'Audiophile n° 5 (ancienne série), on simplifie au maximum le montage (la place est comptée !) et le bruit de fond, les colorations apportées par les résistances sont réduites d'autant.

Le fonctionnement retenu pour les FET est particulier,

puisque aucune polarisation n'est appliquée (pas de résistance sur la source), la source est à la masse et donc la tension gate source est nulle.

Cela signifie que sur les alternances positives, la gate va se trouver dans la région positive, ce qui ne constitue pas un problème puisque le courant de fuite de gate ne prend naissance que par une tension gate de plus de 300 mV (le niveau de sortie de l'électret n'excède pas 100 mV en crête). Il est évident que pour de petits signaux, on a tout intérêt à travailler à polarisation zéro pour avoir un gain très important avec une impédance d'entrée restant très élevée.

Pour notre montage, la valeur de la résistance de drain Rd doit

être déterminée en fonction du IDSS du FET utilisé et bien naturellement en fonction de la tension d'alimentation. Pour cela, il faut et il suffit de mesurer le IDSS avec une tension de 4,5 V (piles). Pour notre montage le 2SK170 de tri GR, avait un IDSS de 5,34 mA. Dans ces conditions, Rd se détermine par le calcul

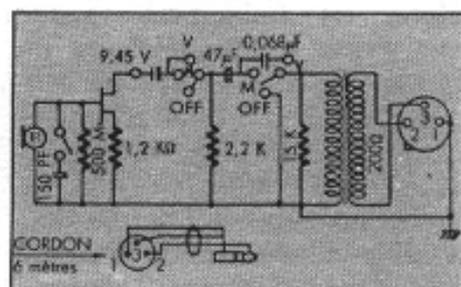


Fig. 18 : Le schéma original, le FET est un 2SK118.

$$R_d = \frac{V_{\text{alim}} - 4,5 \text{ V}}{I_{\text{DSS}}}$$

Pour 12 V d'alimentation
Rd = 1,4 kΩ

Pour 18 V d'alimentation
Rd = 2,5 kΩ

Pour 24 V d'alimentation
Rd = 3,6 kΩ

Pour les personnes possédant un distorsiomètre, il est possible d'affiner ces valeurs. Ainsi nous avons obtenu à la mesure les performances suivantes (avec une charge de 5 kΩ).

Sous 24 V, gain : 34 dB,
Id = 5,34 mA, d = 0,08 %,
Rd = 3,3 kΩ

Sous 18 V, gain : 32,5 dB,
Id = 5,3 mA, d = 0,07 %,
Rd = 2,5 kΩ

Sous 12 V, gain : 28,5 dB,
Id = 5,3 mA, d = 0,05 %,
Rd = 1,3 kΩ

Sous 6 V, gain : 25 dB, Id = 5 mA, d = 0,03 %, Rd = 870 Ω

Il conviendra de choisir une résistance de haute qualité (oxyde de tantale 1 %)...

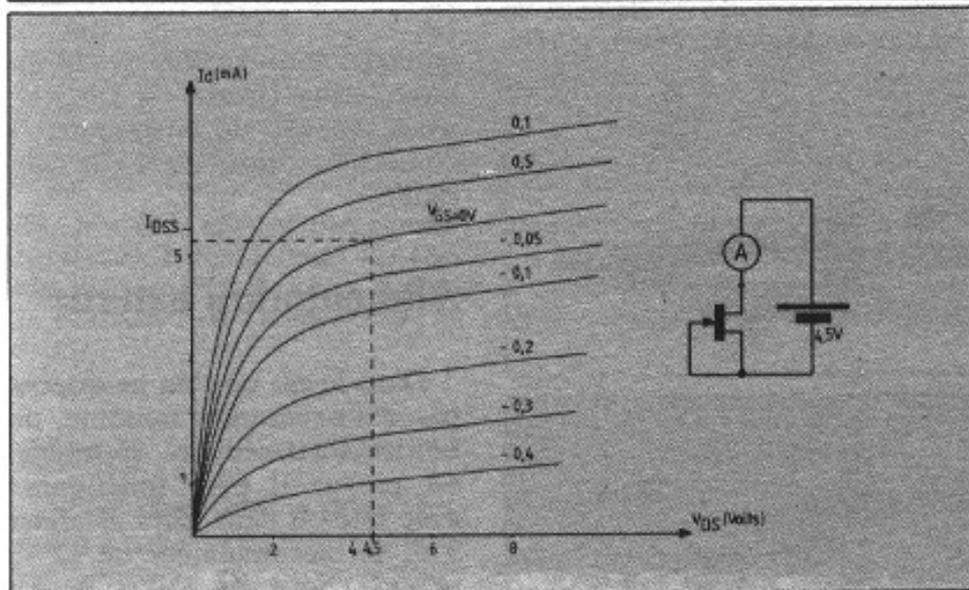
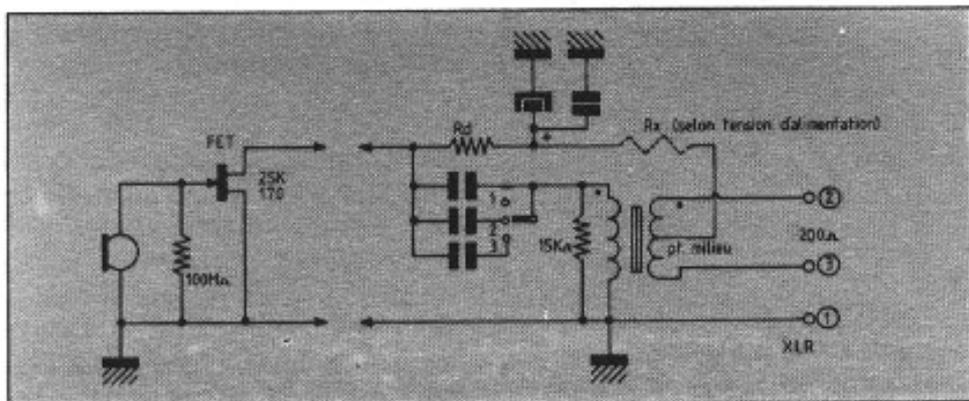


Fig. 19 : Le nouveau schéma. Les sorties XLR sont normalisées (UER). 1. masse. 2. signal audio (+). 3. signal audio (-). La résistance R_d est déterminée après mesure du courant I_{DSS} , lequel dépend de la tension d'alimentation, ici 4,5 V.

Filtre

Avec une capsule omnidirectionnelle, on a souvent besoin de couper les graves en excès. Avec la capsule unidirectionnelle, c'est encore plus indispensable. Trois fréquences de coupe (à -6 dB/octave) ont été choisies : 35 Hz, position « normale » ; 150 Hz, position utile pour minimiser l'excès de réverbération dans le grave : 800 Hz, pour enregistrer des sources timbrées dans le médium-aigu (pas, pluie, feuillages, oiseaux...) qui pourraient être polluée par un bruit de fond infra-sonore ou lourd en graves.

A cet effet, on utilise le commutateur d'origine à 3 positions, 2 circuits. Simplement les deux circuits fonctionnent en parallèle pour augmenter la qualité du contact. Les condensateurs utili-

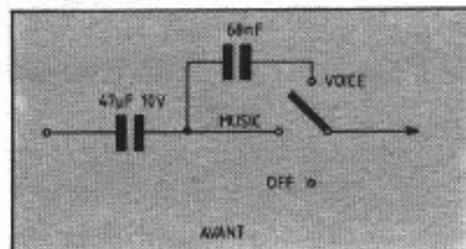


Fig. 20 : Le filtre avant modification.

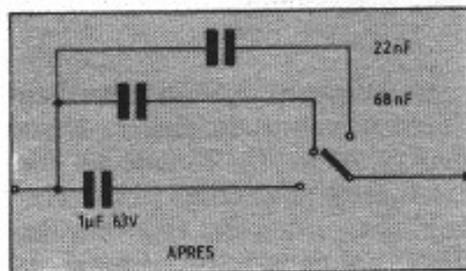


Fig. 21 : Le condensateur de 22 nF coupe à 800 Hz, celui de 68 nF à 150 Hz et 1 µF à 30 Hz. Les contacts du commutateur sont montés en parallèle.

sés sont choisis pour leurs hautes performances (électriques, mécaniques) et leur petit volume. Ce ne sont pas des tantales gouttes ($1 \mu\text{F} - 35 \text{ V}$) utilisés sur un certain microphone à bretelles très connu des professionnels.

Transfo

Un modèle miniature, pouvant prendre place dans le corps microphonique, a été retenu. Il s'agit d'un Beyer TR/BV 351-105-003 avec enroulement secondaire de 200Ω à point milieu et enroulement primaire de $5 \text{ k}\Omega$.

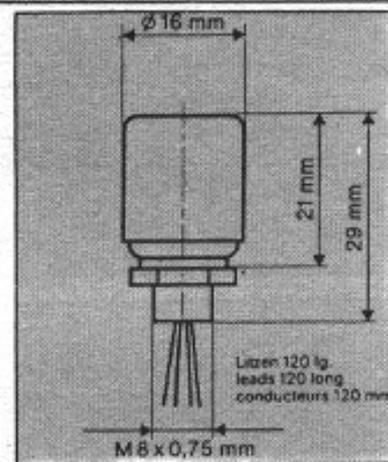
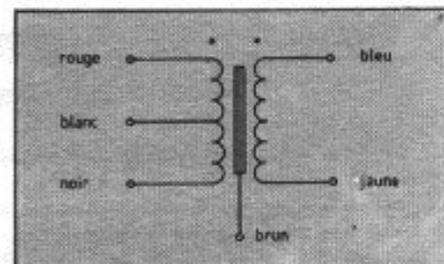


Fig. 22 : Le transformateur Beyer. Primaire : $5 \text{ k}\Omega$, $R_{CC} = 1,45 \text{ k}\Omega$, bleu jaune. Secondaire : 200Ω , $R_{CC} = 50 \Omega$, rouge, noir.

La bande passante tient dans 30 à 15 000 Hz, $\pm 1 \text{ dB}$, avec une admissibilité de 300 mV et une distorsion inférieure à 1 % dans cette bande, à ce niveau. Les fils de couleur, de 120 mm de long, suffisent aux connexions. Le point milieu du secondaire permet de prélever directement la tension positive alimentant le FET (7). Le micro ainsi câblé, fonctionne sur le principe des **alimentations fantômes** expliqué ci-contre. Il est directement exploitable sur Nagra IV-S ou sur DAT

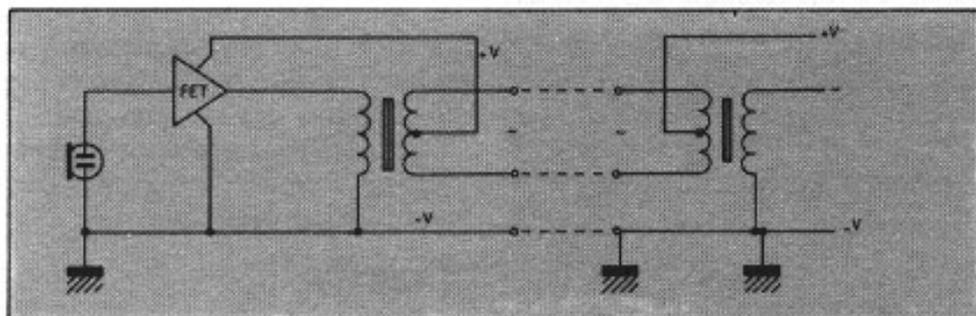


Fig. 23 : L'alimentation fantôme reste « invisible » pour un micro dynamique ordinaire. Les deux fils transportant la modulation sont équipotentiels, du point de vue tension continue. Lorsqu'on branche le micro statique, le « plus » est repris au point milieu du secondaire tandis que le « moins » transite par la masse.

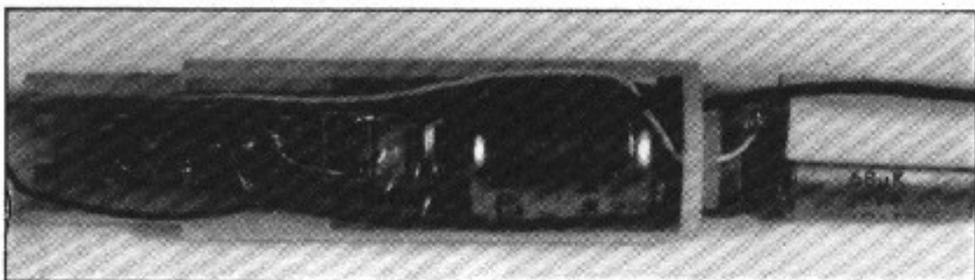
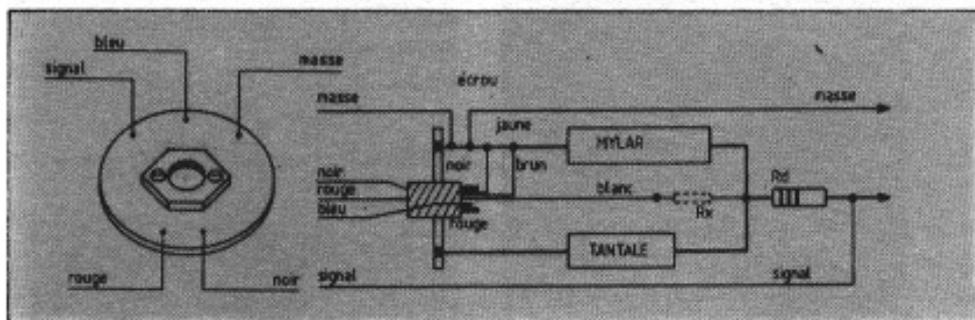
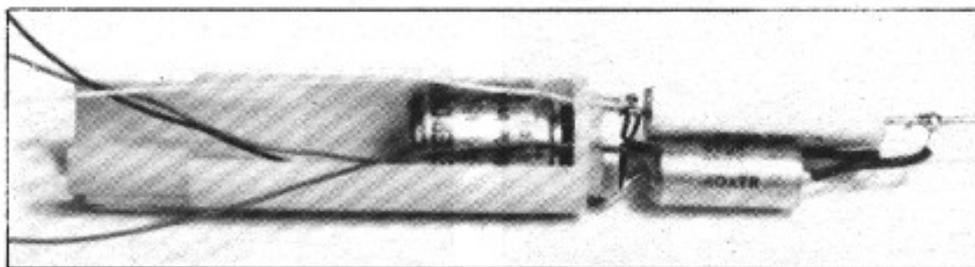


Fig. 24 : Câblage du transformateur, des petits trous sont pratiqués dans le corps en plastique pour le passage des fils. La résistance R_d est reliée au drain de l'effet de champ par un fil torsadé dans le sens horaire.

Sony portable.

Afin d'améliorer la qualité de la source d'énergie, un découplage est installé *in situ*, découplage constitué d'un tantale tubulaire ($68 \mu\text{F}$ à $150 \mu\text{F}$ 25 V) en parallèle sur un condensateur polyester ou polycarbonate de la valeur la plus élevée possible ($2,2 \mu\text{F}$ à $4,7 \mu\text{F}$ = 63 V) physiquement incorporable dans le microphone.

Ce dispositif prend place sur l'écrou vissant du Beyer. Deux petits trous (à la mèche de 1,5 mm) y sont forés pour recevoir les pattes de fixation des deux condensateurs, implantés comme en figure 24.

Le découplage améliore la qualité des transitoires, diminue l'intermodulation, linéarise le grave et évite la diaphonie entre

micros branchés sur la même alimentation fantôme.

C'est sur la patte du condensateur polyester que l'on branche les masses électroniques (fil Isoda, écran de transfo, masse du primaire, fil de sortie vers la fiche XLR). Et c'est à l'autre extrémité de ce même condensateur que l'on connecte la résistance de drain, au bout de laquelle sont soudés le fil de modulation (Isoda ou Litz) et, avant vissage de la capsule, la connexion drain du FET (torsade).

Alimentation externe

Dans le cas où l'on ne dispose par d'alimentation fantôme, un boîtier intermédiaire (portable) est prévu. Il peut fonctionner avec une ou deux piles alcalines 9 V, un accumulateur de 12 V, selon le choix. On doit pouvoir y brancher deux micros (prises XLR) et deux câbles de modulation vers l'enregistreur (prises XLR). Le schéma est modifiable *ad libitum* sous réserve d'appliquer le principe de l'alimentation fantôme. Une paire de transformateurs (rapport 1/1) est nécessaire : la tension positive est amenée par deux résistances identiques (à 1 % de préférence) qui divisent exactement le trajet du courant en deux. On peut noyer les transfos dans de la résine époxy.

Un chargeur automatique sera le bienvenu. Une LED indicatrice de l'état des piles, sera appréciée. Rappelons que le simple fait de débrancher les câbles, côté micro, coupe automatiquement le courant. D'aucuns pourront installer un interrupteur série, s'ils le désirent, entre piles et transfos. Le boîtier de l'alimentation, en métal renforcé, sera choisi pour sa solidité.

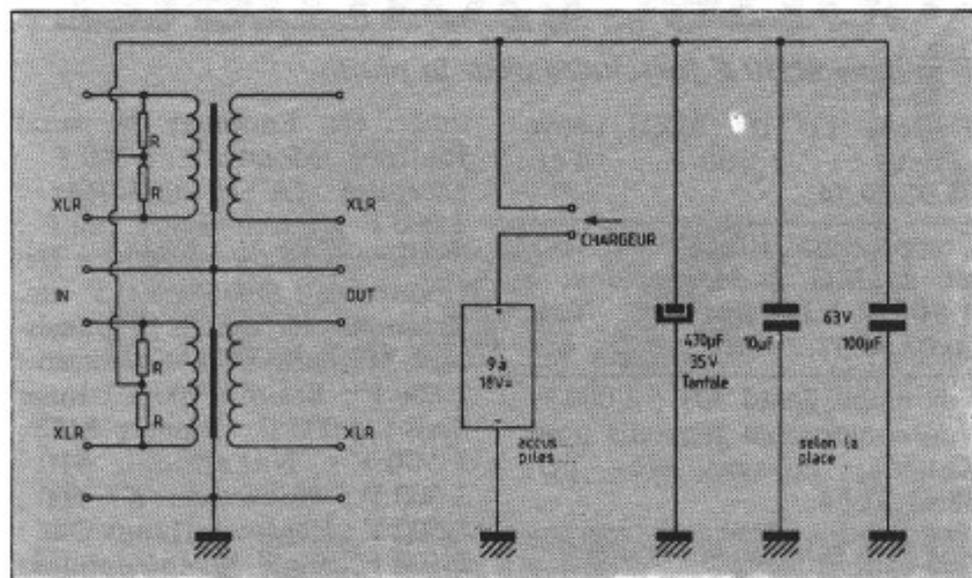


Fig. 25 : Bloc alimentation externe. Les transformateurs sont des modèles 200 Ω / 200 Ω d'un rapport 1/1 (Beyer...). Les résistances R (tolérance 1 %) sont ajustées en fonction de la tension d'alimentation. On peut sophistication en s'inspirant de l'alimentation du prépré « Autographe » (L'Audiophile n° 31).

Câbles

Nous conseillons le câble Neumann à trois conducteurs et double blindage, pour ses qualités électriques : immunité au bruit, finesse et détails de la modulation. Il y a 512 brins par conducteur !

Ecoute

Superbe, fruitée, veloutée, nerveuse.

Après enregistrement, chaussez un casque électrostatique (cf. L'Audiophile n° 3).

Dégustez.

Nous l'avons comparé à d'autres micros (prestigieux !). Le Primo EMU 4520 **modifié** ne s'en est pas mal sorti du tout.

Si cette étude peut inciter les amateurs à découvrir la prise de sons, ou même aider certains techniciens du son à se constituer une petite panoplie de microphones (uni et omnidirectionnels), nous pensons que le **passage à la pratique** ainsi facilité, amènera tout naturellement à (se) poser d'autres et essentielles questions sur l'esthétique sonore, l'espace auditif ou sur la création musicale.

Adresses utiles

Microphones Primo. Nombreux revendeurs (liste disponible chez LEM, l'importateur, B.P. 75 92332 Châtillon Cédex). Notons que le modèle EMU 4535 peut convenir également à cette réalisation. Son coût est encore inférieur.

2SK170, Isoda, condensateurs, résistances, Maison de L'Audiophile.

Beyer (transfos) 14 bis rue Marbeuf 75008 Paris.

Câble Neumann. Scoop, rue des Pyrénées.

Bibliographie

Pierre Ley : Les microphones in « Les Techniques du Son » tome 2, éditions Fréquences, Paris, 1988.

Rémy Lafaurie : Articles théoriques parus dans « Sono » du n° 35 (février 81) au n° 90. L'analyse du Primo figure dans les n°s 79 et suivants.

R. Clouard : « Les microphones » traduit d'un collectif d'ingénieurs de la BBC, chez Dunod, Paris, 1955.

Jaes : « An anthology about microphones », recueil d'articles du Journal de l'AES, vol. 1-27

(1953-1979) avec notamment « New High Grade Condenser Microphones » de F.N. O. Bauch. « Microphones for Recording » Harry F. Olson. « Design of a studio-Quality Condenser Microphone using electret technology », 1978 par un collectif d'auteurs.

$$(1) gm = \text{transconductance} \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}}$$

IGSS = courant de fuite de gate.

(2) Neumann propose deux piles spéciales de 22,5 V pour l'U87 tandis qu'AKG alimente le C451 par deux petites piles de 9 V en série. A l'intérieur du micro, un convertisseur fournit les 50 V continus à partir des 18 volts de l'alimentation.

(3) La durée de vie des électrets (plusieurs dizaines d'années) est liée à la stabilité de la charge dans le temps. On évitera les hautes températures : prise de son rapprochée du feu, des corps chauds, et même les plages arrières de voitures en plein soleil, la température élevée détruit la charge accumulée.

(4) D'abord par oui-dire, car ce micro avait bonne réputation chez les preneurs de son. Nous l'avons essayé en 1981, et il nous a paru bon. Ensuite, l'idée nous est venue de procéder à des modifications de type « audiophile », persuadés que les améliorations obtenues en aval (après le disque) devaient être encore supérieures en amont (avant le pressage) et en particulier à l'amont de l'amont, dès la capsule du microphone. Ce qui fut fait. Enfin, la parution dans *Sono* d'une série d'articles de Rémy Lafaurie (n°s 79 à 90) a fini de nous convaincre sur la bonne facture de ce capteur. Nous renvoyons le lecteur à cette étude très détaillée et d'un haut niveau théorique, cf. Biblio.

(5) Dans les micro-cravates, on s'arrange pour que la résonance tombe vers 6-8 kHz, afin de remonter la « présence ». La réponse chute alors vers 10-12 kHz.

(6) Il peut être effectué aussi avec la capsule unidirectionnelle qui n'est pas intérieurement démontable.

(7) On calculera la résistance chutrice R_X en fonction du débit

$$(R_X = \frac{U_x}{I_D}) \text{ de façon à ramener}$$

la tension d'alimentation U_a aux 12, 18, 24 volts choisis ($U_x = U_f - U_a$).

**Page non
disponible**

...LA RENCONTRE

Jean-Marie Reynaud

Gérard Chrétien

G.C. : Vos enceintes acoustiques depuis vos débuts, il y a plus de 20 ans, ont toujours été très fidèles à une esthétique d'écoute qui n'a pratiquement pas varié. A savoir un bel équilibre tonal, une excellente spatialisation et des timbres raffinés avec peut-être une légère tendance à une écoute « intériorisée ». Je suppose que ce sont pour vous des critères qui vous tiennent particulièrement à cœur.

J.M.R. : C'est ma conception même de la musique. Je pense que pour concevoir des produits, il faut évidemment un bagage technique ; mais à la limite, lorsqu'on « entre » dans cette profession, il faut un peu oublier ces critères techniques purs pour aller vers une envie personnelle que l'on a de satisfaire un besoin propre qui est celui d'écouter, je ne dirai pas « sa musique » mais sa façon de la percevoir. En conséquence, le produit passe, bien évidemment, au travers de l'intellect de celui qui le conçoit. Les choix techniques sont dictés par ses aspirations à le satisfaire. Ça a toujours été ma démarche. Aucun produit n'a jamais été commercialisé chez moi sans qu'il me plaise d'abord. Je n'ai jamais fait de marketing. Et ce que j'ai voulu, c'est que, quel que soit le type de produit que je sortais, je sois en cohérence avec

lui. En connaissant bien naturellement les limites de budget, de technologie. Je voulais qu'il y ait un air de famille et il n'y a aucune raison pour qu'il n'y en ait pas. A partir du moment où la démarche technique s'appuie sur un laboratoire objectif et à partir du moment où celui qui écoute est très ouvert à ce qu'il fait, on débouche forcément sur des familles de timbres semblables. Je n'ai jamais compris comment certains fabricants parvenaient à développer des gammes très différentes dans leur catalogue qui n'avaient rien à voir les unes avec les autres.

C'est d'ailleurs pour cette raison que ma marque est « Jean-Marie Reynaud ». C'est un engagement total, on aime ou on n'aime pas. On est libre de ne pas aimer, je respecte infiniment ceux qui n'aiment pas mes produits. Mais ce que je veux faire entendre, c'est d'abord ce que moi j'ai envie d'entendre.

G.C. : Avant de créer votre entreprise il y a 22 ans, vous avez travaillé chez Hitone...

J.M.R. : Après une formation de technicien supérieur, j'ai effectivement travaillé trois ans chez Hitone. J'ai donc participé à l'élaboration de produits tant électroniques qu'électroacoustiques. J'ai d'ailleurs fait surtout du tube. Je suis de la génération

du tube... Et quand la société Hitone a disparu à cause d'un étranglement naturel lié à des exigences de revendeurs... deux solutions s'offraient à moi, intégrer une autre structure ou bien créer ma propre marque. Ce que j'ai fait. On a démarré avec des moyens très réduits en nous orientant d'ailleurs plus vers l'électronique que vers l'électroacoustique. On avait trois lignes amplificateur, 2x12 W avec un push de 7189 (EL 84 «pro»), deux amplificateurs et un préamplificateur séparé. Cela sur des bases Williamson avec des transformateurs Millerieux réalisés pour nous. Bref, des solutions éprouvées qui marchaient. Et puis lorsque les produits japonais sont arrivés avec notamment le premier amplificateur de chez Pioneer qui coûtait en prix public ce que nous coûtait le châssis, la façade, les boutons... On s'est dit : ce n'est plus la peine ! On a donc fait une croix sur l'électronique. Je tenais à rester dans la haute-fidélité et il y avait plein de choses à faire au niveau du haut-parleur. Hormis certains monstres américains très peu distribués, il y a 35 ans, l'enceinte acoustique de qualité achetable par la majorité n'existait pas. On a donc changé notre fusil d'épaule au niveau du développement de produits et l'on

s'est orienté exclusivement sur les enceintes acoustiques.

G.C. : *L'enceinte La Référence, qui a été très remarquée à sa sortie il y a deux ans, ne semble pas avoir l'image qu'elle mérite sur le marché. Pensez-vous qu'en France il est difficile de faire sa place dans le milieu très fermé des enceintes de très haut de gamme face à des productions américaines, de type panneau pour la plupart, qui, elles, bénéficient d'une aura internationale.*

J.M.R. : Oui, tout simplement parce que nul n'est prophète en son pays et que c'est particulièrement vrai en France. Je pense que l'on a toujours été concurrencé par des produits qui arrivent de l'extérieur sur notre marché avec une certaine aura, le Français ne sait pas « qui fait » lorsque le produit vient de loin... Alors qu'il a une possibilité en France de pouvoir savoir la structure exacte que vous avez ! Donc, il est très difficile de « se crédibiliser » sur un produit de très haut de gamme lorsque l'on a une petite entreprise. Alors que venant d'ailleurs toute les suppositions sont possibles !

Pour en revenir à la Référence, je me souviens d'une réflexion de M. Cooke à la sortie de la Kef KM 1, il y a quelques années, aux commerciaux qui la distribuait en France : « Faites-la entendre mais surtout n'en vendez pas... » A la limite, pour la Référence, c'est la même chose, je veux bien la faire enten-

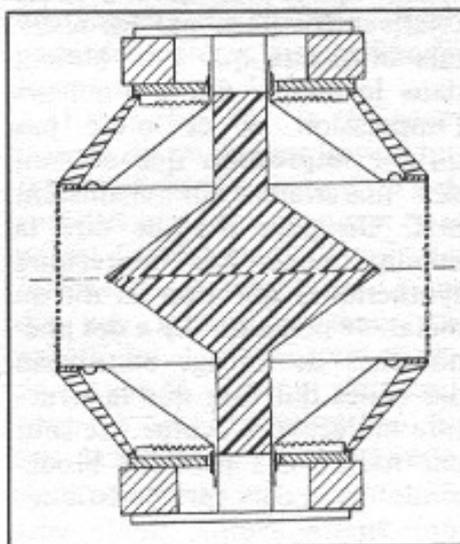


rais avoir des précisions techniques sur ce mode de restitution.

J.M.R. : On reste sur un principe à la base électrodynamique. Il y a deux transducteurs carbone qui sont en vis-à-vis avec un développement de cône ayant un profil hybride, un cône cassé qui regarde un double tronc de cône qui est son miroir parfait. Le système travaille en expansion-compression et donc chasse de l'air autour de lui. Et comme le diffracteur central rend l'émission à 0° aveugle à 180°, on

obtient un signal qui ne travaille qu'en expansion. Ainsi le signal est parfait en phase. Ce qui est intéressant, c'est que l'on génère un signal cohérent sur 360° avec un même niveau de pression sans avoir l'inconvénient des multi-sources, on a vraiment une source ponctuelle.

Le gros problème de ce principe est que pour obtenir des résultats satisfaisant nos exigences, il faut des usinages réalisés au micron poli... Pour cela, nous avons fait appel à une société travaillant pour l'Aérospatiale, le programme Ariane entre autres. Celle-ci réalisant les troncs de cône et les pièces polaires. Les aimants sont de type samarium-cobalt. Cela sur une symétrie cylindrique. Les deux médiums sont placés aux deux tiers de la colonne et les deux tweeters au dessus pour ouvrir très largement en extrême-aigu avec une petite calotte pour éviter le court-circuit acoustique du système.



dre mais je ne sais pas si j'ai envie de la vendre. Dans la mesure où c'est un produit archi-compliqué à fabriquer, très coûteux et strictement pas rentable ! Nous en avons vendu exclusivement à l'export.

G.C. : *La reproduction des registres médium-aigu de la Référence utilise un procédé résolument original ayant d'ailleurs fait l'objet d'un brevet. J'aime-*

Ce que j'ai voulu, c'est arriver à un diagramme polaire non pas sphérique mais cardioïde. Je me suis rendu compte par expérience que l'environnement de la pièce avait une influence prépondérante sur l'image et sur le timbre, c'est le problème de tous les doubles acoustiques. J'ai voulu rendre le système auto-suffisant ; c'est la raison pour laquelle le pentagone arrière qui charge les transducteurs graves, a cette forme. Il agit en réflecteur et procure ainsi un diagramme polaire cardioïde. Le positionnement de l'enceinte n'est plus prépondérant dans le sens où l'on s'affranchit des premières réflexions du local.

G.C. : *Je suppose que la Référence a beaucoup apporté aux autres développements.*

J.M.R. : Oui, complètement. Je considère que la Référence a beaucoup apporté au reste de la gamme, notamment pour les transducteurs de grave. Lesquels ont posé un sérieux problème d'élaboration parce que l'avantage du principe retenu pour le médium aigu est de procurer une accélération et une vitesse beaucoup plus grandes qu'avec un haut-parleur électrodynamique classique. On avait des équivalences d'accélération à conserver pour le grave. Il a fallu développer un cône composite pour les boomers qui, sans que je le sache d'ailleurs, a fait école puisque c'est un sandwich qui est fait à partir d'une pulpe cellulosique très fine et d'un enrobage de microbilles de silice. C'est tout à fait le hasard qui nous a fait découvrir la chose il y a deux ans. Cette étude sur le haut-parleur grave est appliquée à la nouvelle gamme « Millesime » qui sort en avril.

G.C. : *Hormis ces développements spéciaux pour la Référence, les transducteurs que vous utilisez sont sous-traités et sont d'origines multiples.*

J.M.R. : C'est juste, je les fais

réaliser en France et à l'étranger. Je me suis posé très longtemps la question de savoir si je n'allais pas mettre en place une unité de production. Il faut situer les choses. Nous fabriquons en moyenne 10 000 enceintes par an. C'est beaucoup et ce n'est pas beaucoup. Si l'on envisage de fabriquer des transducteurs, ce sera donc des séries qui représenteront 20 000 ou 30 000 unités par an, la rentabilité est difficile. Ce n'est donc pas pour moi un impératif immédiat. J'ai des sous-traitants qui me donnent satisfaction, qui suivent mes tolérances. Nous les contrôlons en final. Nous sommes tous très bien équipés au niveau de notre laboratoire.

G.C. : *Concernant les choix de matériaux de membrane, quelle est votre vision des choses aujourd'hui ?*

J.M.R. : Dans l'immédiat, je reviens en arrière... ! J'ai travaillé sur beaucoup de matériaux synthétiques, plastiques. J'ai été relativement déçu par les résultats musicaux que l'on obtient dans le temps. On a d'ailleurs l'impression et ce n'est pas qu'une impression que ce sont des matériaux qui vieillissent mal. On peut presque dire la même chose des matériaux synthétiques que l'on en dit du métal. Je pense qu'il y a des phénomènes de cricage au niveau des cônes qui font que la structure moléculaire évolue. Ce sont par nature des produits biodégradables. Leurs caractéristiques moléculaire évolue. Je le vois parce qu'à l'usine on a des points de repères avec des composants que je mesure régulièrement au fil du temps, leurs caractéristiques se modifient.

Concernant les fibres, le Kevlar en particulier, c'est un matériau bigrement intéressant parce qu'il réunit des caractéristiques contradictoires comme légèreté et raideur. Le défaut que je reproche au Kevlar, c'est le son qu'il a. Je n'aime pas le son du

Kevlar, c'est une opinion personnelle.

G.C. : *Ne pensez-vous pas que ce son est plus lié à la résine d'enrobage qu'à la fibre Kevlar proprement dite.*

J.M.R. : Je pense qu'effectivement ce son est plus lié à l'enrobage qu'à la fibre. Le Kevlar seul est inutilisable. Je me demande si l'on écoute du Kevlar ou si l'on écoute le liant plastique qui tient un Kevlar. C'est la question que je me pose. Mais je retrouve cet espèce de son synthétique qui me déplaît. Je peux me tromper... Le plus joli son que j'ai obtenu avec des matériaux synthétiques, c'est avec une association polypropylène-carbone avec laquelle j'ai de très bons résultats et qui, elle, semble rester stable dans le temps. Mais je n'ai qu'une expérience de trois ans...

G.C. : *Vous revenez donc au cône papier ?*

J.M.R. : Le papier tout seul non. Il a des sonorités vulgaires qui font que je ne reviendrai jamais à une technologie d'il y a 35 ans. Il a des qualités en matière d'accélération, de légèreté, c'est vrai mais il a une couleur qui est aux antipodes de la neutralité. C'est un problème de transmission d'énergie dans le matériau lui-même. Le papier est très cohérent, plus cohérent qu'un matériau synthétique.

Le drame que l'on vit tous les jours est que l'on est obligé de faire de la nouveauté. On est poussé par les autres et par le public à sortir des choses nouvelles. Ces nouveautés d'abord on n'en a pas l'expérience dans le temps puisque c'est au fur et à mesure de l'évolution technique qu'on les applique. On passe à l'application très vite, trop vite. On ne sait pas comment le matériau va vieillir et comment il va se comporter à la longue au niveau de l'oreille. On a des besoins subjectifs à satisfaire et c'est par approches comparatives successives que l'on peut dire si l'on progresse ou si l'on

régresse. Mais quelquefois, ce qui apparaît comme un progrès est plutôt une régression. C'est une façon d'écouter autrement ; on le prend comme un « plus » car, par exemple, au niveau de la mesure, ça paraît mieux, donc ça « devrait faire » forcément plus de musique. Au bout du compte, avec suffisamment d'écoute et de recul, on s'aperçoit que, souvent, ce n'est pas vrai.

Donc comme je le disais, actuellement, j'ai tendance à revenir en arrière. Ainsi, les cônes en pulpe cellulosique sandwiches avec des microbilles de silice. Ce qui se rapproche d'ailleurs d'une technologie de traitement de surface que je n'avais jamais pu expliquer, celle utilisée sur le LE 8T Lansing, dénommée Aquaplast, un haut-parleur extraordinaire.

Sinon, il y a le polypropylène dopé au carbone. En fait, tout ça c'est de la « cuisine » si j'ose dire, des expérimentations successives.

Les approches scientifiques que l'on a d'un système sont très loin du comportement réel du système lorsqu'il va reproduire de la musique.

Je suis d'ailleurs émerveillé d'entendre ce que l'on arrive à faire passer avec ce bon vieux système de Rice et Keelog.

Il y a un test que je pratique beaucoup et qui est pour moi très révélateur. Il consiste à installer les enceintes acoustiques dans une salle que je connais bien et d'aller écouter dans une pièce voisine. Si j'ai l'impression d'une présence physique, en particulier sur une voix, c'est que le haut-parleur est réussi ! De plus il n'y a pas d'interaction visuelle ; quoique l'on en dise il y a toujours une incidence visuelle de la forme d'une enceinte sur l'écoute que l'on en fait !

G.C. : Justement, vous avez beaucoup travaillé sur les formes. A ce sujet quelle est la part de l'esthétique due au marketing

et quelle est la part purement acoustique ?

J.M.R. : Je ne fais aucune concession à l'esthétique. Pour moi un produit qui marche est un produit qui est beau. Je ne connais aucune forme laide qui soit satisfaisante en elle-même. C'est particulièrement vrai en acoustique. Forcément lorsqu'un produit est bien élaboré au niveau de sa forme, de sa géométrie, de sa structure au plan acoustique, il débouche sur quelque chose d'intéressant au plan visuel. On aime ou pas. C'est d'ailleurs tout le problème actuel de mon travail. Est-ce qu'il faut que je continue à faire des formes qui m'intéressent mais qui sont hors marché ou faut-il que je revienne à un classicisme demandé par le public ? Ce que je fais avec la nouvelle série que je sors actuellement.

G.C. : Ce travail sur les formes consiste, je suppose, à traiter du mieux possible l'onde arrière au niveau amortissement, résonances internes du coffret... Avez-vous des critères, une méthodologie spécifique !

J.M.R. : Bien sûr, la résonance interne est un facteur important. Il est évident que moins l'on a de surfaces parallèles et mieux ça se passe. L'idéal étant d'avoir des formes quasi sphériques, je ne dis pas sphériques mais mi-sphériques. J'ai beaucoup de respect pour M. Léon et j'ai beaucoup travaillé sur ses sphères. En fait, la sphère marche bien à condition de la prendre par moitié. C'est un problème d'ondes stationnaires à l'intérieur de la sphère. Mais il est bien évident qu'au niveau écoulement, au niveau polaire, les meilleurs résultats obtenus le sont par un bafflage sphérique.

Sinon, lorsqu'on travaille sur de nouvelles formes, il faut mettre les mains dans le plâtre. Par exemple pour l'Opus et plus particulièrement le Récital, il y a eu 70 ou 75 formes essayées. Et puis, c'est par comparaison et

approches successives que j'ai déterminé celle qui était la plus optimisée. On aurait pu sans doute aller encore plus loin... Je ne connais pas de lois qui permettent de déterminer une forme idéale autour d'un haut-parleur donné...

Cela peut paraître bien fastidieux mais à partir du moment où j'ai dans la tête quelque chose que j'ai envie d'entendre, je vais jusqu'au bout. C'est ma façon de fonctionner. Quand j'ai fini un produit, il me paraît satisfaisant un certain temps et puis j'en découvre ses limites... Je les situe plus ou moins largement, suivant qu'il s'agit d'un produit de bas de gamme ou de haut de gamme. J'ai la faculté d'avoir un jugement complètement extérieur à mes produits, c'est indispensable. Il faut savoir prendre du recul et être très exigeants par rapport à soi-même. Et il faut aussi avoir dans la tête une idée du son exact. C'est pour cela que je vais souvent au concert et que je fais beaucoup de musique.

C'est cette référence à l'absolu qui permet d'avoir dans la tête le phénomène de l'image musicale et de se dire : on s'en rapproche, on s'en éloigne... il y a encore ça à améliorer pour entrer de plain-pied dans l'émotion musicale.

G.C. Faites-vous de la prise de son ?

J.M.R. : Oui, bien sûr. C'est important. On juge bien souvent des enceintes acoustiques à partir de prises de son amusicales, illogiques sur le plan technique. Il y a eu une période où l'évolution de la technologie des consoles de prise de son a été telle que l'on a voulu tout utiliser... ! On a fait les pires choses qui soient sur le plan strictement musical. Comment juger du résultat musical d'un système avec de telles sources. Soit on écoute de la haute-fidélité et l'on peut se satisfaire d'une sensation liée à une impression physique. Ou alors on « intellectualise » l'écoute, on en revient à votre première

question, et l'on perçoit toute la marge d'erreur qui nous sépare de la musique vivante.

Cela débouche sur des procédés de mesure qui sont très hérétiques. Je suis d'ailleurs très heureux de constater que certains constructeurs préconisent maintenant des techniques de mesures dont je parle depuis 15 ans. En 75, j'ai sorti une série, la série «Contrôle», qui était réalisée sur la base de mesures faites en milieu semi-réverbérant. Ce qui était alors aberrant, à cette époque on ne sortait pas de la chambre sourde !

Je m'étais rendu compte qu'il n'y avait aucune corrélation entre les résultats dans la chambre sourde et ceux obtenus dans une bonne salle d'écoute. Donc j'ai intégré un certain nombre de mesures à l'environnement et je n'en suis jamais sorti. Maintenant, je vais d'ailleurs beaucoup plus loin, la mesure de la pression dans l'axe ne m'intéresse plus, ce que je veux savoir c'est ce que fait spectralement le système. J'ai développé depuis trois ans une méthode qui fait intervenir plusieurs microphones associés à des lignes à retard et qui permet de mesurer la densité spectrale du système autour de lui.

G.C. : *La puissance acoustique rayonnée...*

J.M.R. : Absolument, l'homogénéité d'énergie rayonnée par le système est beaucoup plus importante que la linéarité de la courbe de réponse, laquelle n'est plus pour moi un critère dominant.

La génération que je sors en avril hérite complètement de cette méthodologie et il est vrai que lorsque l'on écoute cette gamme il y a une notion d'espace assez peu commune avec ce que l'on a l'habitude d'entendre.

G.C. : *L'apport des nouvelles méthodologies d'évaluation, je pense à l'analyse impulsionnelle, à l'analyse tridimensionnelle, a-*

t-il à votre sens modifié votre démarche de concepteur ?

J.M.R. : Non, pas directement. Au contraire ces nouvelles méthodologies m'ont conforté dans les idées intuitives que j'avais. Ainsi c'est en visualisant, notamment par l'analyse tridimensionnelle, ce que faisait un haut-parleur dans le temps que j'ai pu expliquer pourquoi il « faisait » ou non de la musique. Sa rapidité d'établissement des trains d'onde, l'amortissement... autant de choses que l'on ne mesurait auparavant que sur un plan de l'espace et non pas en profondeur et qui font que l'on a des haut-parleurs qui sont meilleurs que d'autres à l'oreille alors que quand on les mesure en pression ou en distorsion, ils sont équivalents. C'est un apport fondamental dans l'évolution du développement de mes produits. Cela m'a permis de mettre au point, dans la nouvelle génération, un dôme qui est un polyamide revêtu d'une structure carbonnée. On obtient des résultats en vitesse qui sont très étonnants et curieusement on a une légèreté de timbre et de l'aigu qui est fabuleux bien que le haut-parleur ne monte pas droit très haut en fréquence. Il y a un palier à partir de 16 kHz où l'on chute de 3 dB et après on est très linéaire. Cela ne procure aucune impression de manque subjectif, c'est compensé par une très grande rapidité d'établissement du train d'ondes. Il y a une « vivacité » qui dépasse largement la notion de pression.

Il est vrai que si l'on se contente d'élaborer un produit de laboratoire et si l'on ne se base que sur des critères de mesure sans écouter le produit très attentivement, c'est loin d'être suffisant. Cela ne veut pas dire que l'on approche un résultat meilleur par le bricolage mais plutôt par la remise en compte fondamentale de la méthodologie de mesure, de l'ordre d'établissement des mesures. Il y a des cri-

tères que l'on fait passer avant d'autres. On sait que pour développer un haut-parleur, il y a environ 54 paramètres différents qui vont s'interpénétrer. On privilégie toujours un paramètre par rapport à un autre, soit parce qu'un paramètre est particulièrement bon sur un haut-parleur et on se focalise sur lui en oubliant le reste, soit parce que l'on a arbitrairement choisi de démarquer avec un certain nombre de paramètres en négligeant les autres. Et je pense que s'il y a des produits qui ne « font » pas de musique actuellement, c'est parce qu'ils sont pensés par des gens que la musique n'intéresse pas !

G.C. : *Quels sont vos projets en développement ?*

J.M.R. : Il y a un aspect qui m'a beaucoup préoccupé, c'est ce que j'appelle la fonction de transfert entre l'enceinte acoustique et les transducteurs. Grâce à Brüel et Kjær, je dispose maintenant de mini-accéléromètres qui permettent de faire des mesures d'accélération du haut-parleur et de son coffret. Pour moi, c'est capital. Je me suis aperçu avec épouvante que pratiquement 90 % des produits du marché étaient plus des générateurs de signaux au niveau du coffret que du haut-parleur. On en arrive d'ailleurs à des aberrations où le niveau relatif d'émission du coffret est seulement inférieur de 40 dB au niveau transmis par le haut-parleur, ce qui est énorme. Sur la nouvelle génération, nous avons développé une structure double enveloppe, c'est-à-dire que l'on a deux enceintes l'une dans l'autre. On utilise trois matériaux différents dont des médites irlandaises découplées par un caoutchouc naturel multicellulaire. Le coffret fait 35 mm d'épaisseur.

Cette technique est appliquée à des ensembles de moins de 1 500 F pièce. On peut le faire parce que j'ai préféré investir

dans ce domaine plutôt que dans celui du haut-parleur. A ce niveau, je peux avoir un gain très important et en faire bénéficier le public avec un prix très concurrentiel. Le haut-parleur, en le fabriquant nous-mêmes, nous coûterait le même prix et probablement plus cher que ceux que nous obtenons chez nos sous-traitants. Dans le meilleur des cas le gain serait de 40 F. Par contre, quand on développe une structure aussi compliquée pour le coffret, il y a nécessité absolue de l'usiner soi-même. D'une part, on ne trouve pas de sous-traitants car ce n'est pas de la menuiserie industrielle mais de la menuiserie acoustique avec des assemblages qui sont pensés pour une enceinte et non pas pour un meuble. Quand bien même on trouverait un sous-traitant qui satisfasse nos critères de qualité, le coffret nous coûterait quatre fois plus cher. Il

serait exclu d'appliquer cette technique à nos plus petits modèles. Je pense que le « plus » que nous apportons avec ces coffrets est spectaculaire. Le seul inconvénient est que c'est très lourd, le premier modèle pèse 16 kg...

G.C. : Et enfin la traditionnelle question : quels sont les critères dominants que vous reprenez en priorité lors de l'élaboration d'un nouveau projet.

J.M.R. : Techniquement, je n'ai pas vraiment de critère de départ. Le critère de départ, c'est plutôt l'envie d'entendre autre chose que ce que j'entends. J'aborde donc le problème en tenant compte des défauts rencontrés théoriquement et pratiquement par les produits existants. J'essaie d'abord de corriger ces défauts et ensuite lorsque ces défauts sont partiellement ou totalement corrigés, d'architecturer le reste autour de tout cela.

Je ne pense pas que l'on puisse faire autrement ; personnellement je n'ai pas trouvé d'autres méthodes. Sauf remise en cause fondamentale d'un produit à travers la découverte de nouveaux matériaux ou principes qui ouvriraient de nouveaux horizons et qui conduiraient à repenser fondamentalement la totalité des choses. Malheureusement, je pense que l'on sera toujours prisonnier de bases mécaniques avec leur inertie. Car même dans le cas d'un transducteur ionique, où il n'y a pas de membrane, les molécules d'air ionisées possèdent une masse, une inertie.

Je pense que l'évolution doit se faire plutôt au niveau de la perception purement musicale en remettant en cause toute la chaîne de restitution et surtout le début de la chaîne, c'est-à-dire la prise de son qui me paraît être l'élément le plus perfectible.

P.Q. : C'est juste. Il faut qu'ils achètent notre préampli (rires). Non, mais en fait je serais ravi s'il y avait plus de produits qui, en termes de compatibilité, de sensibilité, marchent avec nos amplificateurs. Mais pour moi, s'ils ne fonctionnent pas parfaitement avec nos produits, c'est qu'ils ne sont pas correctement étudiés. Le problème est qu'à force de faire des compromis qui vont dans le sens du marché, on ne peut plus appliquer ses propres conceptions. Il arrive un moment où il faut faire des choix.



G.C. : Pourquoi avez-vous développé une gamme aussi étendue d'amplificateurs : du First Audio Amplifier au Super Nova Amplifier ?

P.Q. : Ils couvrent une gamme de prix de 15 000 à 260 000 F en stéréo et nous travaillons sur un modèle encore plus gros de 600 W ! Nous avons déjà le transformateur de sortie, cet ampli utilise quatre triodes d'émission par canal, des 304 TL. Les transformateurs de sortie double C, il est impossible de les fabriquer en technique EI classique, coûtent chacun plus de 15 000 F.

Actuellement, seul le First et le Second Audio Amplifier sont disponibles. Ce sont les modèles utilisant les 6B4G. Le Third Audio Amplifier est pour très bientôt, il utilise des 801A. Et les divers modèles qui utilisent la

845 sont encore en développement, le Fourth Audio Amplifier sera peut-être disponible en septembre 89. Ce que je n'aime pas chez beaucoup de fabricants de matériels de haut de gamme c'est leur précipitation à sortir de nouveaux modèles et, trois mois après, ils annoncent une modification. Un amateur qui acquiert ce type de produit ne doit pas avoir à en changer avant de nombreuses années. On doit faire notre travail de concepteur et de fabricant correctement.

G.C. : Le design de ce nouveau modèle sera-t-il identique à celui que l'on connaît ?

P.Q. : Non, pour le Third Audio Amplifier nous avons un châssis triangulaire en acier poli avec trois boîtiers pour les transformateurs, celui de sortie et deux d'alimentation. Il y en a un pour la haute tension et un pour le chauffage des filaments car nous avons retenu un chauffage en continu sur ce modèle, c'est toujours une question de prix. Il est vrai que l'on pourrait faire moins cher avec un câblage sur circuit imprimé, il faut savoir qu'un câblage en l'air nécessite deux jours de travail pour une personne et pour un amplificateur. Ce n'est pas très rapide...

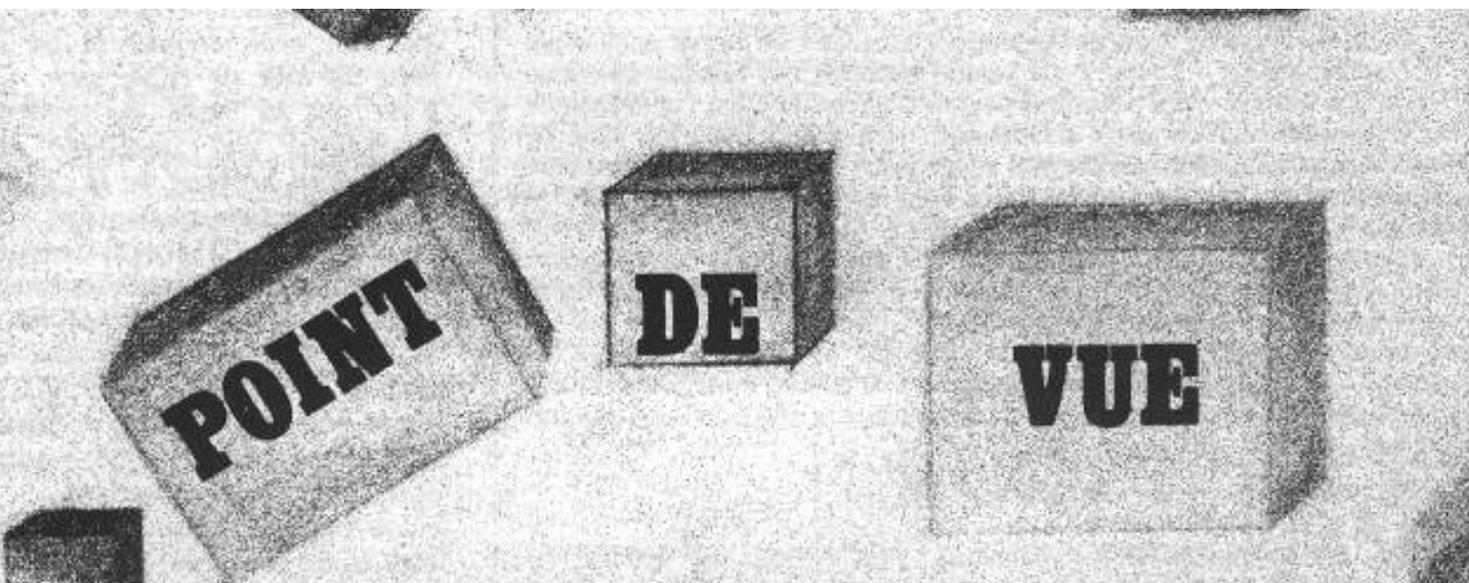
Je voudrais ajouter que de l'autre côté de la gamme, pour les appareils très accessibles, nous sortons le modèle 400. C'est le premier intégré sans contre-réaction. Il utilise des EL34. Ses performances de mesure sont a priori médiocres, c'est l'écoute qui a primé lors du développement et nous a fait choisir de ne pas avoir recours à la contre-réaction même si les spécifications sur le papier en pâtissent.

G.C. : Vous envisagez de produire à moyen terme vos propres tubes ; vous avez d'ailleurs racheté un équipement consé-

quent pour cela. Je suppose que c'est la question de la disponibilité dans les années qui viennent qui vous préoccupe ?

P.Q. : C'est vrai que la question de la disponibilité est préoccupante. Lorsqu'un amateur a acheté un amplificateur de 30 000 F et vous demande ce qui arrivera dans trois ou cinq ans si les tubes doivent être changés. Seront-ils toujours disponibles ? La seule chose que je puisse faire c'est d'assurer une garantie totale, mais en contre-partie, la seule solution à notre niveau est de fabriquer nous-mêmes les tubes. Pour cela il nous faut apprendre, ce qui peut prendre deux ans, voire plus. Ce n'est pas important. Vous savez, il y a encore beaucoup de gens qui ont une soixantaine d'années qui ont travaillé dans ce domaine et qui ont le savoir. Même s'il faut un an pour les trouver, peu importe : ils sont là et ne sont pas encore morts. Mais il ne faut pas trop traîner. Nous avons acheté assez de machines, certaines viennent de Ferranti pour assurer une production ; nous avons pu aussi obtenir les divers paramètres pour fabriquer des PX4. Ce que nous souhaitons faire dans un premier temps, c'est réapprendre à fabriquer de vieilles triodes telles que VT52, 2A3, PX4, PX25, 6B4G. afin de bien cerner les notions fondamentales, trouver les matériaux pour les filaments, le bulbe, bref tout ce qui fait la spécificité d'un bon tube.





POINT

DE

VUE

Pierre Loyez

P

lusieurs échos, parus ici et là sur la confrontation compact-disque noir, au plan musical, incitent à revenir sur l'argumentation généralement utilisée. La question " le compact est-il aussi musical que le disque analogique ? " n'est pas nouvelle en soi.

Une telle question a toujours agité le monde des audiophiles pour qui toute nouveauté peut être source de trahisons, musicalement parlant.

L'attachement à des technologies ayant franchi toutes les étapes de la maturité, ainsi que la valeur d'un patrimoine électroacoustique constitué au fil des ans, expliquent bien des résistances au changement. Et pourtant....

Quels arguments

Il n'est pas utile de rappeler que, pendant longtemps, les infidélités de l'enregistrement ont pu, dans leur grande majorité, être représentées à partir de critères mesurables objectivement et, par là même, retenu pour la définition de normes, sinon de labels de qualité. Ainsi, en fut-il du pleurage des platines tourne-disques, de la bande passante du phono-lecteur, de sa distorsion en relation avec la longueur du bras, de la séparation des

voies en stéréophonie (diaphonie)...etc.

Les mêmes raisons qui ont imposé ces normes de qualité (AFNOR, DIN) pour les dispositifs classiques demeurent aujourd'hui : garantir un minimum de fidélité à des références reconnues par la profession et permettre des comparaisons.

Toutefois, à l'évidence aujourd'hui, la numérisation du signal enregistré diminue considérablement la portée des normes correspondantes. Il suffit de consulter le tableau de la figure 1

pour s'en convaincre : le laser surpasse incomparablement le disque analogique sur la totalité des paramètres chiffrables.

On peut citer :

-Le bruit de fond

Là où le couple platine-lecteur plafonne à 65 dB - 70 dB, à cause des bruits de ronronnement inéluctablement liés aux parties mobiles et aux divers frottements, le couple compact-laser dépasse allègrement 90 dB (la théorie annonce 96 dB - voir encadré n°1).

Encadré n° 1

Dans un système à échantillonnage, l'amplitude du signal analogique est cycliquement « pesée ». La valeur mesurée est ensuite convertie dans une échelle binaire (succession de 0 et de 1) : c'est l'opération de quantification, qui consiste à remplacer un signal continu (au sens de signal sans discontinuités) par une succession d'impulsions représentant les 0 et les 1). Pratiquement, les zéros sont représentés par des alvéoles courtes, les 1 par des alvéoles longues.

Après codage, le seul bruit qui subsiste est le bruit de quantification. Son niveau est proportionnel au plus petit échelon de la pesée du signal analogique : c'est la marge d'incertitude.

Dans le cas du compact-disque codé sur 16 éléments binaires (ou bits), il y a $2^{16} = 65.536$ niveaux possibles. D'où une incertitude relative représentée par $1 / 65.536$ à laquelle correspond un rapport signal / bruit de $20 \log_{10}$

$$65.536 = 96 \text{ dB.}$$

Nota : en réalité, ce chiffre n'est pas atteint, car il faut tenir compte des bruits propres des circuits chargés d'effectuer les diverses opérations de quantification, de décodage, de conversion numérique-analogique et de filtrage. La perte correspondante est aujourd'hui évaluée à 10 dB (5 dB pour les réalisations de haut de gamme).

	Système numérique (Compact Disc)	Système analogique (30 cm, 33 tr/mn)	Norme AFNOR
Disque			
Diamètre	12 cm	30 cm	
Durée	74 mn	2 x 25 mn	
Vitesse de rotation	200 à 500 tr/mn	33 1/3 tr/mn	
Longévité	Très grande (lecture optique)	Faible : détérioration des aigus après 20 passages.	
Fragilité	Faible	Importante	
Lecteur + disque			
Performances			
Bande passante	20 Hz-20 kHz ± 0,5 dB	30 Hz-20 kHz ± 2 dB	40 Hz-12 500 Hz
Séparation des voies	> 90 dB	25-30 dB (1 kHz)	20 dB (1 kHz)
Dynamique	> 90 dB	55-60 dB	50 dB
Distorsion harmonique	< 0,01 % (0 dB, 1 kHz)	1-2 % (0 dB, 1 kHz)	
Pleurage et scintillement	Non mesurable	0,03 %	0,2 %
Utilisation			
Réglages	Non accessibles	Force d'appui, antiskating, position de la cellule, impédance de charge	
Durée du capteur	> 5.000 h	500 h	
Accès aux plages	Immédiat	Complexe	
Repérage	Très précis	Approximatif	
Sensibilité aux vibrations	Faible	Importante	

Fig. 1 : Comparaison entre un disque analogique et un disque numérique tirée de l'ouvrage « Le compact disque » de J.-C. Hanus et C. Panel (éd. ETSF).

Mais, surtout, le laser « fabrique » un vrai silence, là où la prise de son ne capte rien. Ce n'est pas la vertu du système analogique qui accumule les bruits tout au long de la chaîne de production-restitution (le souffle de l'électronique d'amplification comme les bruits mécaniques des machines tournantes). Mais, bien entendu, les disques compact du type ADD, où le support d'enregistrement initial est analogique, nous ramènent au cas précédent.

La figure 2 montre bien les limites du procédé à la lecture mécanique, là où le burin de gravure, tout comme le stylet du phonocapteur, jouent le rôle de sismographes. Même si le seuil de gêne n'est pas atteint dans les conditions d'écoute domestique habituelles, ce que montre la figure, on court toujours le risque de réactions des sources de vibrations sur le lecteur, ainsi que sur les haut-parleurs (amorçage d'oscillations parasites) (1).

Sauf à atteindre des niveaux exorbitants (chocs conduisant à des accélérations supérieures à 0,2 g), le procédé laser, sans aucun contact mécanique, nous met définitivement à l'abri de ces avatars.

La séparation des voies droite et gauche

Là où il est tout à fait exceptionnel d'obtenir mieux que 25 dB dans la bande 40 Hz à 15 kHz avec le procédé analogique (2), le compact fait mieux que 60 dB entre 20 Hz et 20.000 Hz (voir figure 3). Il ne peut en résulter qu'une plus grande stabilité des images sonores et naturellement une plus grande finesse de repérage spatial, tout au moins pour les sons transitoires (voir encadré n°2) où l'importance de l'amplitude et de la phase est grande aux fréquences élevées. L'instabilité de la phase, liée à des pertes de contact du stylet aux fortes accélérations,

En acoustique, les transitoires désignent l'attaque et l'extinction d'un son. En terme musical, on considère que l'information contenue dans les transitoires est considérable, car les transitoires d'attaque et d'extinction sont une espèce de « signature » d'empreinte tonale d'un instrument qui permet de différencier les timbres, indépendamment du spectre (lié à la bande passante) (cf. Emile Leipp dans *Acoustique et Musique* - Ed. Masson).

En terme électroacoustique, un régime transitoire s'apparente à un régime impulsionnel où la fidélité de restitution d'un stimulus se juge sur quelques signaux relativement simples tels que signal en marche d'escalier (créneau de tension), signal carré, signal bref approchant une impulsion, etc.

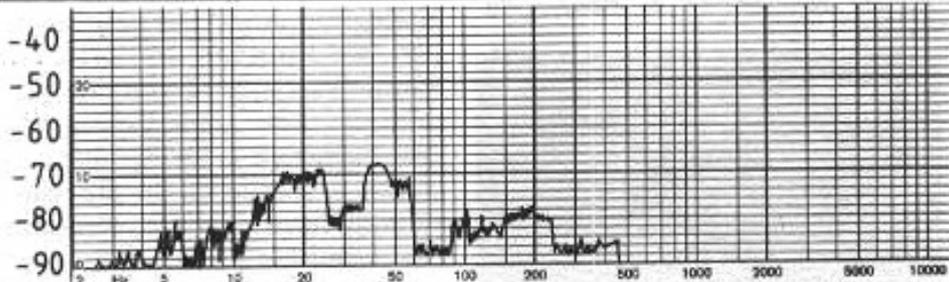


Fig. 2a : Tracé mettant en évidence le niveau « rumble » d'une table de lecture à entraînement par courroie.

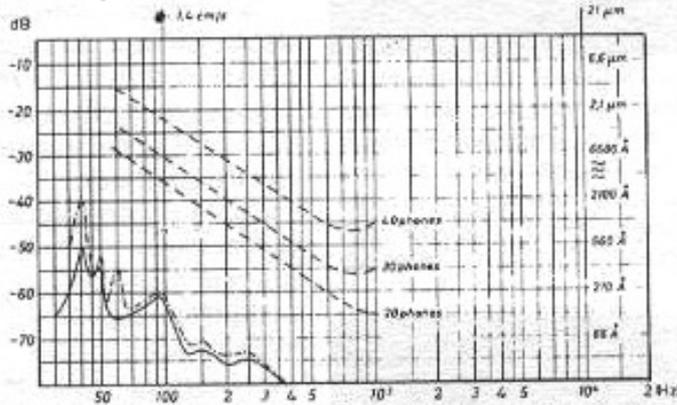


Fig. 2b : Spectre d'un bourdonnement d'un disque moulé : ligne en pointillés : avec des vibrations de l'immeuble (0 dB-1,4 cm/s à 1 000 Hz est représenté par un point en haut des graphiques). Le seuil d'audibilité sur sons purs se situe entre les courbes de 20 et 30 phones (d'après M. Slot, *Propriétés techniques de reproduction et d'enregistrement*). Conférences des Journées d'Etudes du Festival International du son, 1968. L'échelle verticale de droite représente l'amplitude vibratoire ($1 \mu^{-6} m - 1 A = 10^{-4} \mu m$).

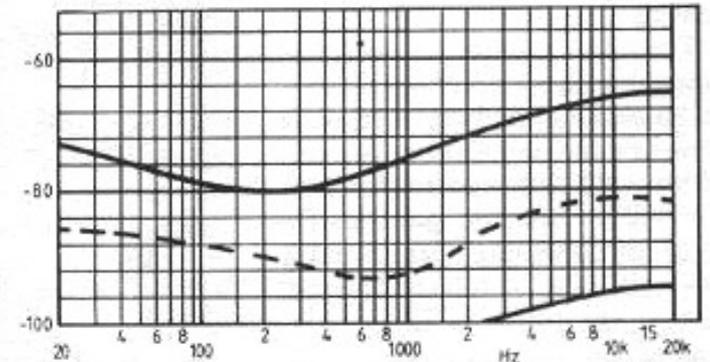
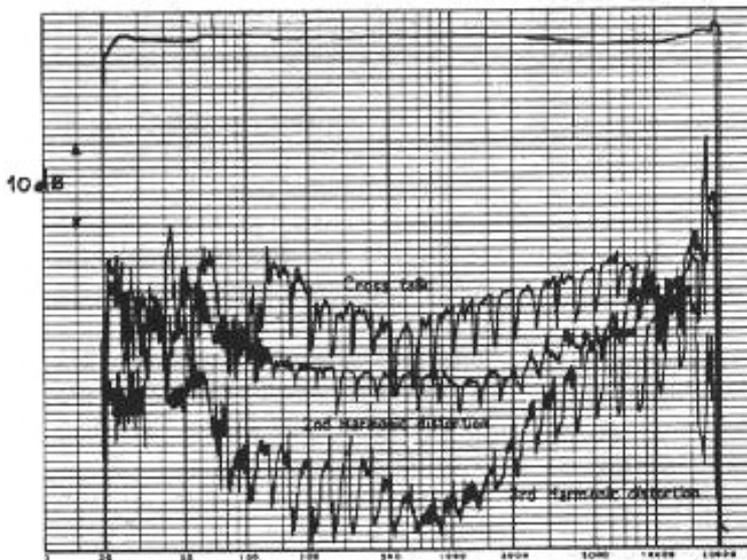


Fig. 3 : Domaine des valeurs de diaphonie mesurées sur des échantillons récents de lecteurs à laser (la courbe en pointillés indique une moyenne).

Fig. 4 : Caractéristiques de distorsion d'un phonolecteur de bonne facture (Crosstalk = diaphonie).

peut expliquer le flou qui affecte des passages musicaux complexes de forte intensité. Le procédé laser sans contact mécanique offre évidemment la garantie que la phase ne subit pas de discontinuités jusqu'à l'extrême limite de la bande restituée.

La distorsion

Ceux qui ont eu la chance (ou la malchance) de voir sur un écran d'oscilloscope un signal analogique en sortie d'un phonolecteur savent combien grande est la déception, tant le signal paraît distordu dès qu'on dépasse la dizaine de kilohertz (ce phénomène s'accroît quand on s'approche du centre du disque), sans parler de l'instabilité liée au volage et au décentrage.

On ne peut qu'apprécier ici le mérite des fabricants de cellules de lecture qui osent publier des résultats de mesure (voir figure 4).

La situation est ici éminemment favorable au compact, puisque les résultats de mesure connus à ce jour se traduisent généralement par deux zéros derrière la virgule (moyenne de 0,006 % sur 10 CD récents testés).

En pareil cas, cette distorsion coïncide pratiquement avec le

bruit de toutes origines, à un niveau quasi indécélable.

La bande passante ou l'aptitude aux régimes impulsions

Au vu des résultats chiffrés, le compact ne serait pas supérieur au microsillon (lu par une cellule d'excellente facture), avec un temps de montée moyen de $18\mu\text{s}$ (3). Il est vrai que certaines cellules analogiques (en particulier celles du type à bobine mobile) ont la particularité d'accentuer la réponse en haut du spectre audible (une remontée de signal à 10 kHz de 5 dB n'est pas rare), et peuvent ainsi donner l'impression subjective d'un meilleur « fouillé » sonore.

Mais il convient de noter que le procédé laser présente, de toute manière, une aptitude à la réponse transitoire qui excède généralement celle des haut-parleurs (voir figure 5c).

Le compact a pour lui le fait qu'il garantit une linéarité d'amplitude / fréquence à mieux que 0,1 dB entre 20 et 20.000 Hz, sans réglage et sans effet d'usure, avec une réponse en régime transitoire variant très peu d'un lecteur à un autre. Sur ce dernier point, le lecteur analogique présente une grande dispersion dépendant de la technologie, de l'usure (tant du stylet que du disque lu).

Le décalage des voies droite et gauche

Tous les lecteurs de compact introduisent un décalage temporel au moment de la mise en série dans une même mémoire des éléments binaires correspondant aux voies droite et gauche. Ce décalage théorique correspond à une période d'échantillonnage, soit $1/44.100\text{ s} = 22\mu\text{s}$ (4). Quand on sait qu'un tel écart temporel correspond à un décalage de 7 mm d'une enceinte acoustique par rapport à l'autre (d'après la relation $d = v\Delta t$ avec $v = 340\text{ m/s}$), on peut ignorer ce détail ; d'autant que certains

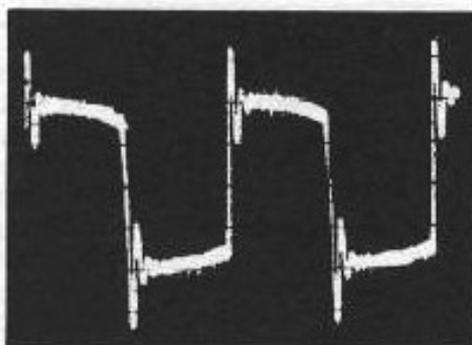


Fig. 5a : Cellule phonoléctrice de bonne facture, (On notera le dépassement qui affecte la montée du signal).

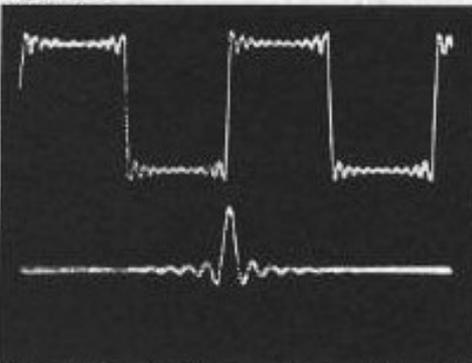


Fig. 5b : Réponse impulsionnelle d'un lecteur de compact. En haut : réponse à un créneau (largeur $450\mu\text{s}$). En bas : réponse à un choc électrique. (On notera l'amortissement soigneusement contrôlé par une optimisation du filtrage numérique).

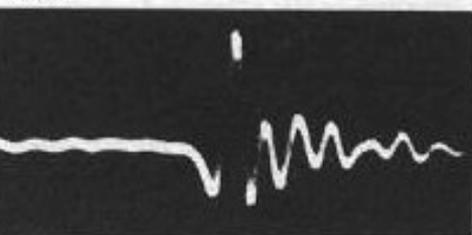


Fig. 5c : Réponses typiques de tweeters à une impulsion de $40\mu\text{s}$ (récurrence 300 Hz). En haut : tweeter mal amorti. En bas : tweeter de bonne qualité.

modèles de lecteurs corrigent le défaut, grâce à l'utilisation de convertisseurs séparés pour les voies droite et gauche.

Le phénomène d'écho

Il existe avec les disques analo-

giques, par effet de proximité des sillons d'entrée : la protection n'excède pas 60 dB (ce qui explique qu'on perçoive la modulation au départ de certains disques). Cet effet n'existe évidemment pas avec le compact, sauf à exister dans le support magnétique d'origine (enregistré AAD).

Les facilités d'usage

S'il est vrai qu'un équipement analogique hors pair peut ramener, sur l'instant, les infidélités évoquées précédemment en-dessous d'un seuil gênant (5), cela suppose à la longue une procédure d'emploi du disque relativement contraignante, obligeant par exemple :

- à se garantir de l'usure par une limitation des écoutes,
- à veiller constamment au dépoussiérage du support et de la pointe de lecture (le recours à des liquides de nettoyage peut aider), et à l'écoulement des charges électrostatiques,
- à prendre des précautions pour le stockage, l'industrie chimique n'ayant jamais réussi à résoudre complètement le problème du voilage lié à des contraintes mécaniques, inscrites dans le matériau au moment du pressage et ne se révélant qu'ultérieurement.

En revanche, le lecteur de compact offre un certain nombre de commodités, parmi lesquelles :

- la durée, pouvant atteindre 74 s
- la recherche quasi instantanée de la plage désirée
- l'affichage de la plage et de la durée

- la programmation

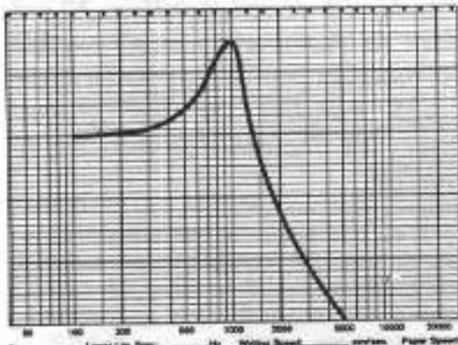
A cet égard, jamais aucune platine n'a réussi à approcher les temps d'accès d'un lecteur à laser :

- temps d'accès à la lecture : 3 à 8 s (un tourne-disque demande couramment 15 s en version automatique)
- passage d'une plage à une autre : 1 à 6 s (les meilleurs font 1 à 2 s)

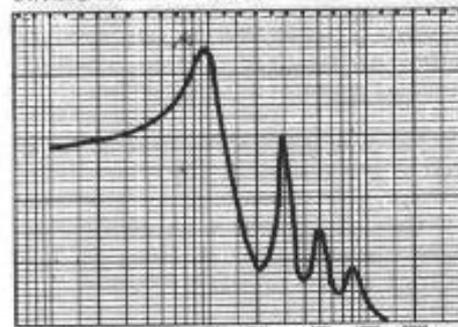
les limitations

La confrontation disque noir-compact ne doit pas négliger la véritable « dimension » nouvelle qu'est la dynamique, qui permet, dans le cas du compact, de retrouver, semble-t-il, *une certaine forme de stress* liée à des silences ponctuant des phases de grands volumes sonores (autorisés par la très faible distorsion).

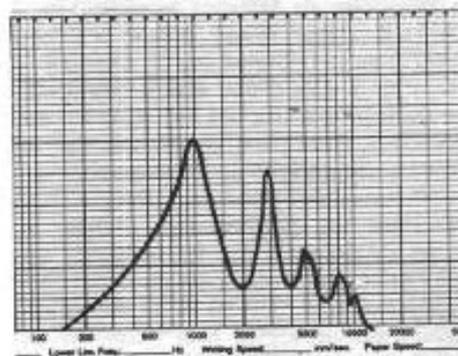
Il est vrai aussi, que cette tentative de retrouver les conditions



a) Enveloppe spectrale d'une modulation constituée de trains d'onde sinusoïdale à 1 kHz.



b) Dito, avec écrêtage (6 dB).



c) Spectre récupéré aux bornes d'un tweeter (coupure à 6 kHz).

Fig. 6 : L'effet de saturation d'un amplificateur sur l'énergie appliquée à l'enceinte acoustique. (Dans tous les cas, la modulation est constituée d'une succession de 4 périodes à 1 kHz suivies d'une silence de même durée.

de l'écoute directe, peut être freinée par les déficiences des autres maillons de la chaîne électrostatique, à savoir :

- saturation des haut-parleurs (donnant généralement naissance à des sons inesthétiques, parce que dissonants).

- saturation des amplificateurs, avec le risque de mettre en danger les tweeters. La figure 6 montre à cet égard l'importance de l'énergie récupérée au niveau du tweeter, en cas d'écrêtage par surcharge d'un amplificateur.

Par ailleurs, l'écoute à niveau fort peut amener des bruits au seuil de perception (effet particulièrement sensible aux très basses fréquences en résidence très calme).

Concernant la saturation des haut-parleurs, le laser n'apporte donc pas d'avantage, il serait même plutôt aggravant compte tenu du fait que la réponse du laser contient plus d'énergie en haut du spectre audible que le disque noir. Sur le deuxième point cependant, le lecteur compact a deux atouts :

- il garantit une linéarité d'amplitude jusqu'à 20 Hz, sans influence du voilage ou du décentrement (la tolérance pour le compact est 1 / 100 mm, 5 / 100 mm pour le disque noir).

- il réalise une coupure franche en-dessous de 20 Hz, en ne transmettant aucun bruit aux haut-parleurs spécialisés dans le registre grave. Le risque de

talonnement des suspensions souples s'en trouve pratiquement exclus, même si l'amplificateur ne dispose d'aucun filtre (fonction low defeat).

Quant aux microinformations ou l'aptitude à restituer des impulsions, on peut être tenté de rappeler quelques inégalités relatives aux temps de montée (6) :

$$t_f < t_m < t_l$$

où t_f = temps de montée associé à un coup de fusil, typiquement 0,01 à 0,0001 μ s, selon munition)(7).

t_m = temps de montée d'un microphone (7 μ s pour un modèle Bruël et Kjaer de type 4136 ou 4138 -bande passante 140 kHz).

t_l = temps de montée d'un lecteur à laser (typiquement 18 μ s \pm 10 %).

Chiffres qu'il convient de rapprocher de la constante d'intégration de l'oreille qui est, selon le paramètre de perception, de quelques dizaines de millisecondes (perception de la coloration d'une salle) à quelques centaines de millisecondes (appréciation de variations de niveau sonore) ; ce qui montre à quel point il est difficile de juger, sur ce seul point de la réponse transitoire, de ce qui nous sépare de la fidélité absolue (8).

Ajoutons enfin qu'une caractéristique du laser est l'existence d'un temps de montée inférieur à ce que laisse prévoir l'étendue de la bande passante, compte tenu

Encadré n° 3

Très généralement, dans un système analogique, il existe une relation (1) qui fait correspondre la réponse impulsionnelle (donc le temps de montée d'un signal en réponse à un stimulus) à la réponse d'amplitude/fréquence. On peut alors estimer le temps de montée comme voisin de l'inverse de la fréquence de coupure (soit 50 μ s pour une coupure à 20 kHz).

Dans un système à filtrage numérique, la réponse impulsionnelle n'est plus liée de façon simple à la fréquence de coupure, ceci étant dû au fait que, en choisissant convenablement la structure du filtre, la phase peut être optimisée **indépendamment** de la réponse en amplitude ; laquelle peut connaître des pentes pratiquement aussi grandes qu'on veut, tout en autorisant une excellente linéarité en phase (garantie d'un décalage temporel constant). Il peut en résulter une réponse transitoire améliorée par rapport à celle d'un système analogique de même bande passante.

1) connue des spécialistes de la transmission sous le nom de relation de Bayard-Bode.

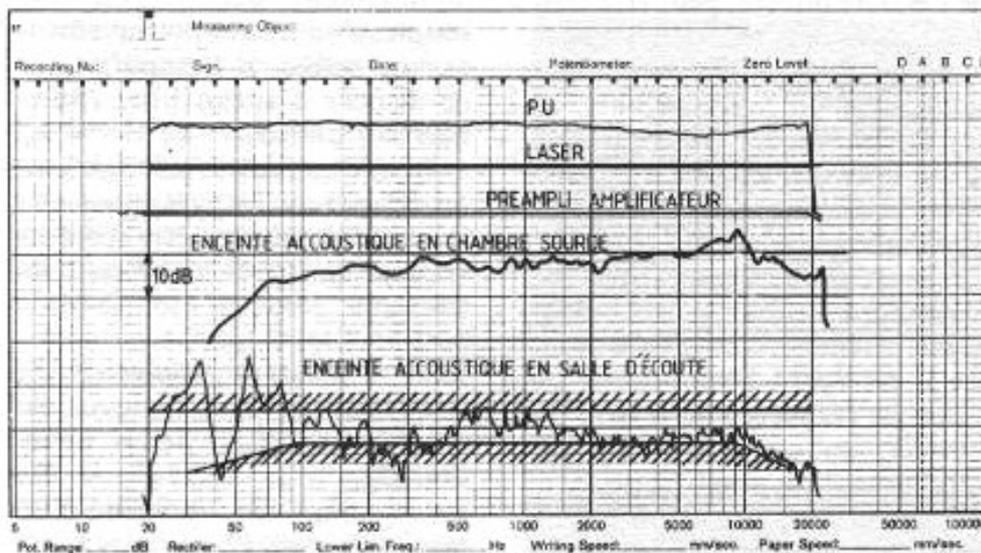


Fig. 7 : Réponses comparées des éléments d'une chaîne haute fidélité (la réponse acoustique en salle a été obtenue avec enceinte acoustique complétée par un haut-parleur « grave » de 34 cm monté dans un mur). Le gabarit en tirets indique les limites fixées par la norme française «NF Haute-Fidélité» C 97-405 pour des enceintes mesurées à 1 m en chambre anéchoïque (incidence $0 \pm 15^\circ$).

du traitement de signal effectué au niveau du convertisseur, et plus particulièrement, du filtrage numérique (voir encadré n°3).

Quant aux oscillations de l'amplitude, (certains lecteurs affichent des irrégularités de 0,1 décibel), il convient de les comparer à celles des autres maillons et, en particulier, à la réponse acoustique en local clos. A cet égard, la figure 7 montre bien l'écart qui persiste entre le mailon final et les sources de modulation, sur le seul critère de la bande passante réelle et de la linéarité amplitude / fréquence.

Quelle conclusion

Sauf à devenir péremptoire, il convient de conclure prudemment que le laser répond à un compromis (il en est de même du téléphone); on ne peut donc s'en tenir qu'à une réponse statistique à la question posée au début : le laser ne satisfera jamais tout le monde.

La numérisation d'un signal a ses vertus : elle fabrique un vrai silence. Elle a aussi ses limites : elle donne naissance à un bruit de quantification ou distorsion qui serait perceptible aux

bas niveaux et que, d'aucuns traduisent par du grain ou de l'agressivité. Elle accentue la réverbération par effet indirect d'une grande dynamique associée à une bande passante élargie. C'est le prix qu'il faut désormais payer pour démocratiser une qualité jusque là inaccessible aux non fortunés, avec des garanties totales quant à la stabilité des caractéristiques d'un disque à l'autre et dans le temps.

Mais le couple compact-laser contient en lui-même le germe de bien des frustrations : celles de ne plus pouvoir intervenir sur la qualité finale, là où bien des discophiles expliquent que la musicalité tient au soin apporté au nettoyage du stylet, à l'horizontalité du tourne-disque, à l'équilibrage du bras, au poids du socle, etc...

Mais, c'est oublier que le véritable détenteur de l'émotion gravée, dans le compact comme dans la cire d'antan, c'est d'abord l'artiste, puis le preneur de son ; très accessoirement aujourd'hui avec le compact, le presseur. Quant au mélomane, son équation personnelle d'opérateur dans la chaîne production-restitution tend à se réduire à la peau de chagrin.

Faut-il se plaindre que la mariée est trop belle ?

P.S. - Cette recommandation de A. Moles dans le 4° numéro de la Revue du Son (Juil / Août 1953) « Pour tous les essais dans les gammes aigues, on utilisera naturellement des disques en très bon état et on n'utilisera que la première moitié de la plage enregistrée » nous rappelle le progrès accompli depuis le microsillon 30 cm dont la durée n'a jamais excédé 30 minutes par face, soit environ 12-15 minutes au top niveau pour les inconditionnels de la fidélité.

1) - Il est vrai aussi que nos salles de concert ne sont pas complètement à l'abri des nuisances, parfois liées au métro, voire à des dispositifs tels que climatiseurs, pompes, etc.

2) - La conception même des lecteurs électrodynamiques (bobines mobiles) et électromagnétiques (aimants mobiles), s'oppose à l'obtention de valeurs supérieures aux fréquences élevées, en dépit des soins apportés à la réalisation.

3) - Les premiers modèles apparus sur le marché atteignaient 25 μ s.

4) - Cela correspond à un décalage en phase variable avec la fréquence : 2 degrés à 1 kHz, 20 degrés à 20 kHz.

5) - La difficulté d'appréciation des gênes provient du fait que ce seuil dépend de beaucoup de facteurs humains, surtout s'il s'agit d'une écoute « consciente » au sens donné par R. Condamines, c'est à dire d'une écoute pratiquée par un sujet qui fixe son attention sur les infidélités physiques, plutôt que sur le contenu sémantique du message sonore.

6) - Pour un électronicien, désigne le temps s'écoulant entre les moments où l'on obtient des amplitudes du signal correspondant à 10 % et 90 % du maximum mesuré sur un signal bref (stimulus en forme de marche d'escalier).

7) - D'après J.A.S.A Vol. 49 N° 5 (1971) (Rise Time Properties of condenser Microphone).

8) - La bataille de Vittoria de Beethoven n'est-elle pas conçue pour associer des mousquets réels à l'orchestration et qui peut nier que la plage 13 du compact « Concert du Nouvel An 1988 » de Deutsche Gramophon n'a pas utilisé de véritables détonateurs à poudre ?