

L'AUDIOPHILE



3^e Année

**Page non
disponible**

Le tweeter absolu ?

Le transducteur ionique Klein-Magnat

Gérard Chrétien

Il y a deux ans et demi, nous avons rencontré M. Siegfried Klein pour parler du tweeter ionique, de ses avantages incontestables, ainsi que de ses limitations qui rendaient son application très délicate. Précisons, pour le lecteur non averti, que M. Siegfried Klein a été pendant vingt ans responsable du laboratoire de physique du plasma au Commissariat à l'Energie Atomique de Saclay, il est le père du « calor electric effect », effet de température dans le gaz ionisé. M. Klein est aussi à l'origine de la première application de la décharge en couronne produite par un champ haute fréquence à des transducteurs acoustiques. Les premières réalisations de haut-parleurs de type ionique remontent aux années 50. Un article de Jean Hiraga, paru dans le n° 4 d'avril 1978, relate l'historique de ce procédé. Lorsque nous l'avons rencontré, M. Klein nous avait parlé de nouveaux développements possibles qui, s'ils étaient menés à bien, élimineraient la plupart des problèmes. Nous n'avons rien pu savoir de plus. Et puis, les mois ont passé sans qu'aucune nouveauté ne se manifeste. A dire vrai, nous pensions que le projet avait été abandonné, pour des raisons de réalisation, de coût... C'est seulement cet été, au salon de Dusseldorf, que nous avons compris de quoi il s'agissait. Sur le stand Magnat, de très grands posters représentaient un tweeter ionique de forme sphérique, le nom de M. Klein lui était associé.

Le transducteur ionique fonctionne selon un principe fondamentalement différent de celui utilisé pour les tweeters conventionnels. Pour la meilleure compréhension du procédé et pour mieux saisir toute l'originalité du nouveau tweeter Magnat Klein, nous vous proposons un bref

rappel théorique sur la propagation du son.

La propagation du son dans l'air

Structure moléculaire et agitation thermique

Les caractéristiques de propagation d'une vibration sont

directement liées au milieu dans lequel elle s'effectue. La voie de propagation privilégiée pour le son est naturellement l'air. L'air est constitué d'un très grand nombre de molécules, $27 \cdot 10^{15}/\text{mm}^3$, soit 27 millions de milliards par millimètre cube. Toutes ces molécules sont ani-

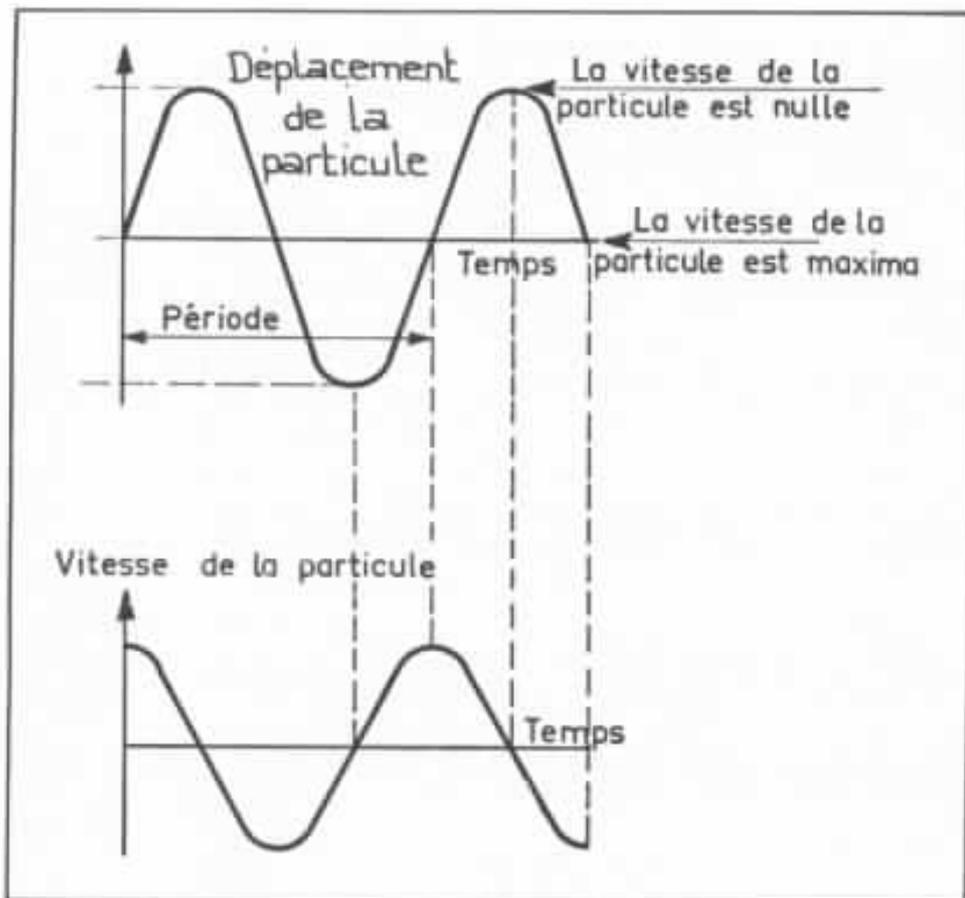


Fig.1 : En haut amplitude du déplacement d'une molécule soumise à une onde sonore. En bas sa vitesse. A noter que la vitesse est maximale lorsque la particule repasse à sa position d'équilibre.

mées de mouvements rapides et désordonnés qui entraînent de multiples collisions entre elles. Ces mouvements constituent l'agitation thermique. Lors de la propagation d'un son, un mouvement d'ensemble ordonné se superpose à cette agitation thermique. C'est pour cette raison que cette vibration devient perceptible. Notons que l'amplitude

des mouvements dûs à la transmission du son peut être inférieure à celle des mouvements désordonnés des molécules.

Vitesse de propagation - vitesse des particules

Il y a lieu de faire une distinction entre la vitesse de propagation ou célérité de l'onde, c'est-à-dire le temps que met l'onde

sonore pour parcourir une certaine distance, et la vitesse propre des particules autour de leur position d'équilibre (fig. 1). En règle générale, les particules oscillent sur place. Mais il peut y avoir dans certaines conditions un entraînement des particules dans la direction de la propagation, lorsque l'absorption du milieu devient importante.

La vitesse de propagation de l'onde dépend du milieu considéré, mais elle est indépendante de la fréquence. Ainsi, dans l'air sec, elle est de 331,7 m/s (0° C / 760 mm de mercure), dans l'acier cette vitesse est de 5 000 m/s et dans l'eau 1 470 m/s.

Variation de pression

Lorsqu'une onde se propage, elle s'accompagne d'une variation de pression de part et d'autre de la pression atmosphérique moyenne. La figure 2 représente cette variation. La valeur moyenne reste inchangée. Deux grandeurs sont caractéristiques : l'amplitude et la fréquence, qui est l'inverse du temps que met une particule pour repasser par la même position et dans le même sens.

Energie et puissance transmises

Pour engendrer une onde, il faut communiquer de l'énergie aux particules. L'énergie fournie par seconde représente la puissance. Elle est proportionnelle au carré de la fréquence et au carré de l'amplitude. Pour donner un ordre d'idée, la puissance acoustique en sortie de notre bouche, lors d'une conversation normale, est de l'ordre de 0,1 mW, celle qui nous parvient à notre tympan n'est plus que de 10^{-8} W. L'atténuation est

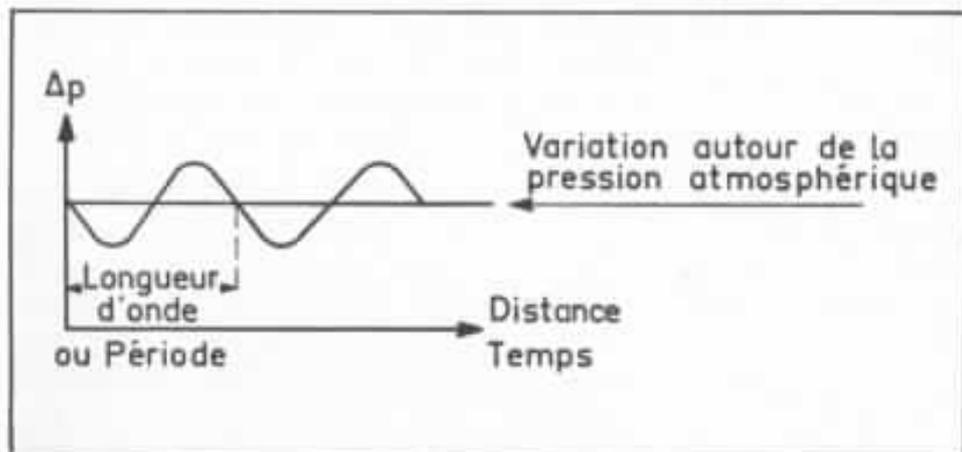


Fig.2 : Variation de la pression créée par la propagation d'une onde sonore.

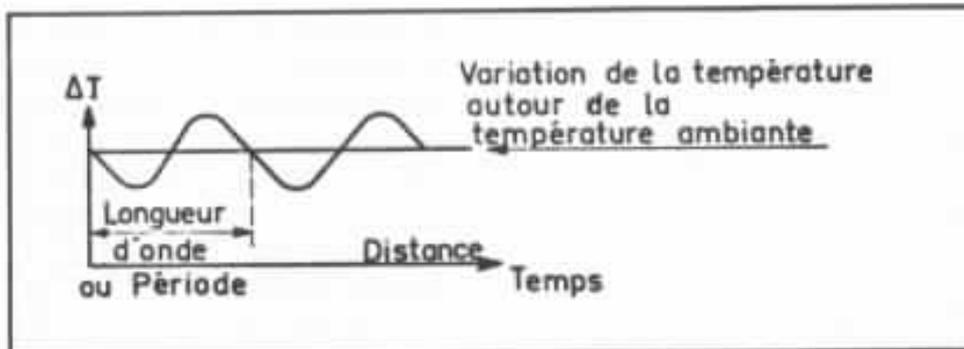


Fig.3 : Variation de la température créée par la propagation d'une onde sonore. La valeur moyenne reste inchangée.

donc très rapide et l'on comprend mieux la grandeur importante que représente une puissance de 1 watt acoustique.

Variation de température

Lorsqu'une onde se propage, il y a forcément une dissipation en chaleur (fig. 3). Celle-ci dépend naturellement du milieu traversé. Il y a donc une déperdition de l'énergie acoustique en chaleur, qui est d'autant plus grande que la fréquence est élevée. Cela se comprend très bien intuitivement par le fait que plus la fréquence est élevée, plus les mouvements des particules autour de leur position moyenne sont rapides et donc plus les frottements et la dissipation en chaleur sont supérieurs. La notion de température est très importante ici. En effet, dans le cas d'un haut-parleur ionique, le signal sonore, comme nous le verrons, se trouve transformé en variations de température qui lui sont directement proportionnelles. Ces variations de température vont à leur tour engendrer des variations de pression par effet de dilatation et de contraction de l'air. Et qui dit variation de pression dit ondes sonores.

Principe de fonctionnement d'un transducteur ionique

L'ionophone

C'est le transducteur ionique

le plus connu. C'est d'ailleurs lui qui est à la base de toutes les réalisations qui ont pu se faire selon ce principe. Il a été développé à l'origine par M. Klein pour produire des ultra-sons à un niveau acoustique très élevé. C'est donc le prolongement de ces recherches qui a abouti au développe-

ment d'un tweeter ionique. La date de cette application remonte à 1948.

Principe de l'ionisation

Lorsque l'on applique une tension électrique élevée, tension continue ou haute fréquence, sur une pointe métallique, il va se former autour d'elle un champ électrique intense dont l'effet sera d'arracher des électrons à la pointe. Ces derniers vont, en traversant les couches d'air proche, provoquer une ionisation des molécules. Celle-ci s'accompagnera alors d'un échauffement important. Il se crée un plasma autour de la pointe dont la température peut dépasser 5 000°C au centre de la

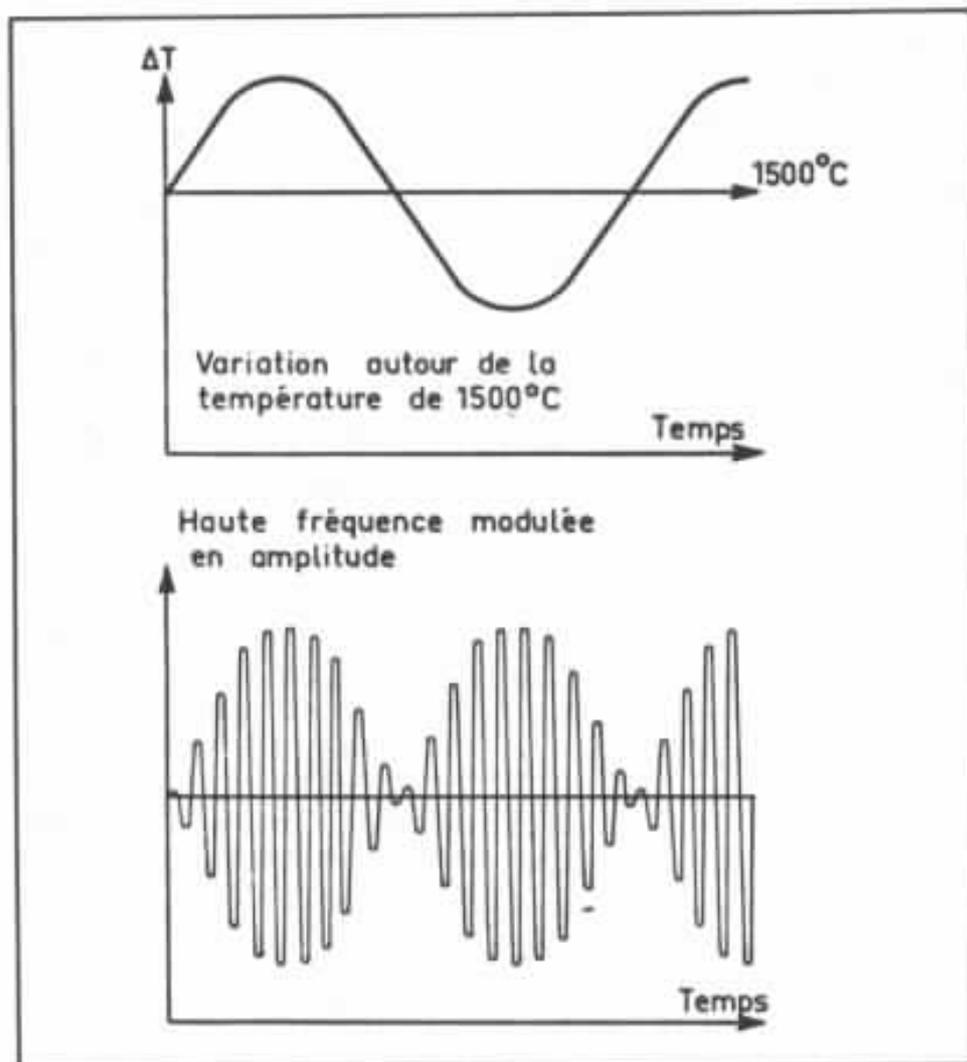


Fig.4 : Principe de la modulation de l'onde haute fréquence par un signal sonore. De dernier se trouve traduit par une variation de température.

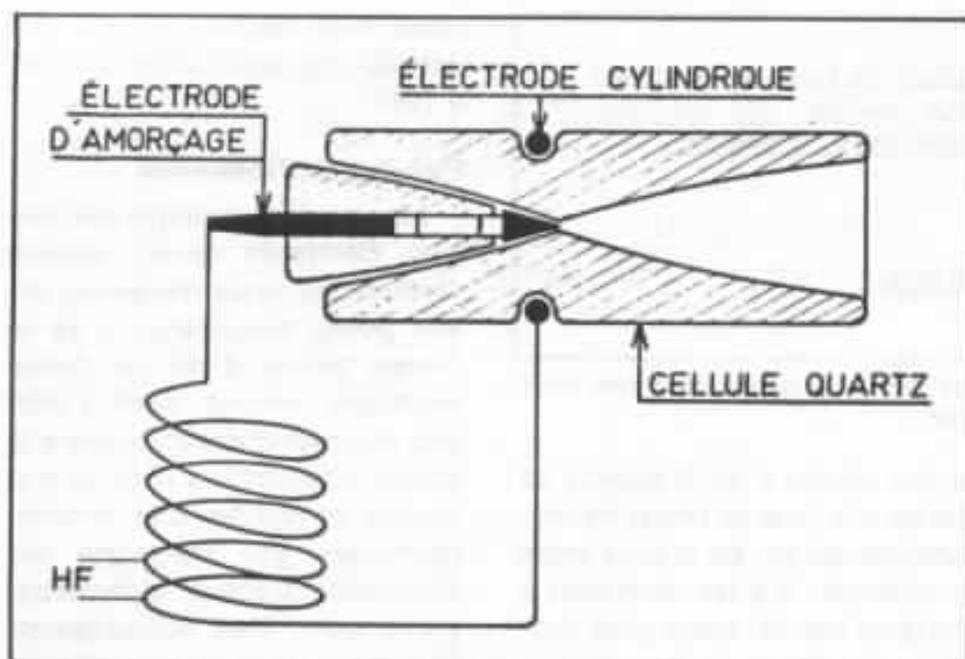


Fig.5 : Schéma de principe de l'ionophone.

décharge. La décharge ionique se fait en couronne autour de la pointe. C'est de là que vient la dénomination « effet Corona ».

La haute fréquence a pour rôle de concentrer les ions dont la densité doit être aussi élevée que possible, de sorte à obtenir une source aussi ponctuelle que possible.

La lumière bleue très intense que l'on observe est simplement due au dégagement de lumière libérée par les électrons lorsqu'ils changent d'orbite.

Modulation

Si l'on mélange avec le signal haute fréquence, 20 à 30 MHz, un signal dont la fréquence est beaucoup plus basse (fréquence sonore ou ultra-sonore), on crée une modulation en amplitude. Celle-ci se traduira par des variations de température directement proportionnelles au signal basse fréquence. Ces variations de température par effet de dilatation et de contraction de l'air, vont provoquer des variations de pression et donc l'émission d'un signal acoustique.

L'émission

Pour appliquer la tension haute fréquence, il faut deux électrodes. Dans l'ionophone, une électrode cylindrique entoure l'électrode centrale. La décharge s'effectue autour de cette dernière. Une cellule en quartz maintient l'ensemble en formant une petite cavité à l'intérieur de laquelle peut se créer l'ionisation.

Les avantages

Ce procédé est extrêmement séduisant car il ne nécessite aucune partie mobile telle qu'une membrane. Il n'y a donc aucune inertie et la réponse en régime impulsionnel est quasiment idéale. C'est cette qualité incontestable qui l'a fait utiliser pour les émissions d'ultra-sons très intenses, domaine où aucun transducteur à membrane ne peut convenir.

Les limitations

Malheureusement, ce type de transducteur quasi idéal a de sévères limitations, non pas par

son principe, mais plutôt par sa réalisation. Tout d'abord, l'ionophone utilise, comme nous l'avons mentionné, une cellule en quartz. Celle-ci est soumise à de très fortes contraintes thermiques provoquées par l'ionisation, la corrosion qui en résulte est importante et nécessite un entretien fréquent. En outre cette cellule constitue une cavité à l'intérieur de laquelle l'air ionisé est emprisonné. Il est donc impossible de travailler à des températures trop élevées, pour augmenter le rendement entre autre, car l'on provoque un phénomène de non linéarité, car le volume d'air ionisé dans ce cas est très faible. D'autre part, pour obtenir un couplage satisfaisant avec l'air ambiant, il faut avoir recours à un pavillon, lequel n'est pas sans poser de problèmes, de coloration entre autre.

Le problème de la durée de vie des divers éléments constitutifs est lui aussi un grave handicap et nécessite un entretien permanent. L'oscillateur qui génère la haute fréquence doit être parfaitement stable et le circuit doit être réalisé à partir de composants de très haute stabilité. Les réalisations anciennes font toutes appel à des tubes, lesquels ne sont pas sans poser de problèmes eux non plus.

Une autre perturbation, grave elle aussi, est due aux effets d'interférence de la haute fréquence sur l'environnement. Le parasitisme est très délicat à supprimer car lorsque l'on travaille à ces fréquences, les fuites sont très difficilement contrôlables, ne serait-ce que par le secteur. Enfin, l'ionisation s'accompagne d'un dégagement d'ozone dont l'odeur peut être gênante. A noter que l'ozone se décompose lorsqu'il traverse une cou-

ched d'air ayant une température supérieure à 150°C, ceci explique qu'il n'en subsiste que quelques traces.

Le nouveau tweeter Klein-Magnat

Comme nous l'avons mentionné ci-dessus, l'une des limitations majeures des précédentes réalisations était due à l'utilisation d'une cellule à quartz. Le premier objectif de M. Klein a été de la supprimer. Il a donc travaillé à créer une ionisation sans avoir recours à aucune cavité.

La structure

La seule solution pour délimiter un volume d'air réparti de manière symétrique autour de l'électrode centrale est d'avoir recours à une contre-électrode sphérique. La répartition du champ électrique haute fréquence se fait ainsi dans les trois dimensions de manière homogène. La pointe de l'électrode centrale est placée au centre de la sphère. La contre-électrode est réalisée dans un grillage métallique conducteur, relié à la masse du châssis. Elle est formée par deux calottes hémisphériques serties au niveau de l'équateur. La taille des mailles est choisie pour être perméable aux ondes sonores à transmettre. Elle s'apparente aux calottes de protection que l'on retrouve sur les microphones. L'électrode centrale est fixée par un support dans un matériau du genre téflon. Dans la version définitive, il est prévu une seconde sphère de diamètre supérieur. Celle-ci a pour rôle de protéger l'utilisateur contre la chaleur et élimine toutes traces résiduelles d'ozone par un revêtement spécial qui la recouvre. Elle forme, comme la première contre-électrode, une cage de Faraday, imperméable aux ondes électro-

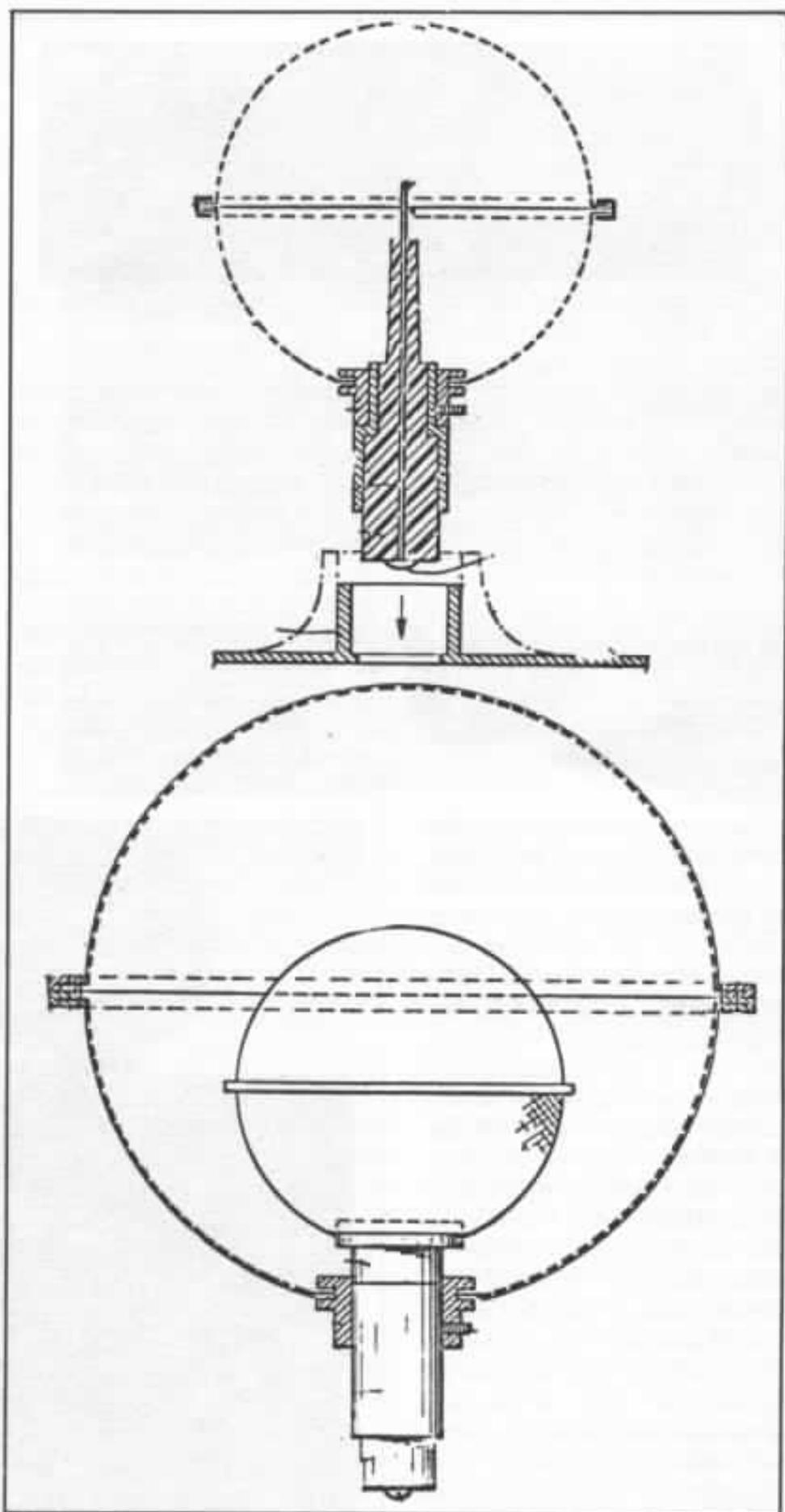


Fig.6a : Vue en coupe du nouveau transducteur Magnat-Klein. On remarquera l'électrode centrale et l'électrode sphérique.

Fig.6b : Le transducteur entouré de sa sphère de protection.

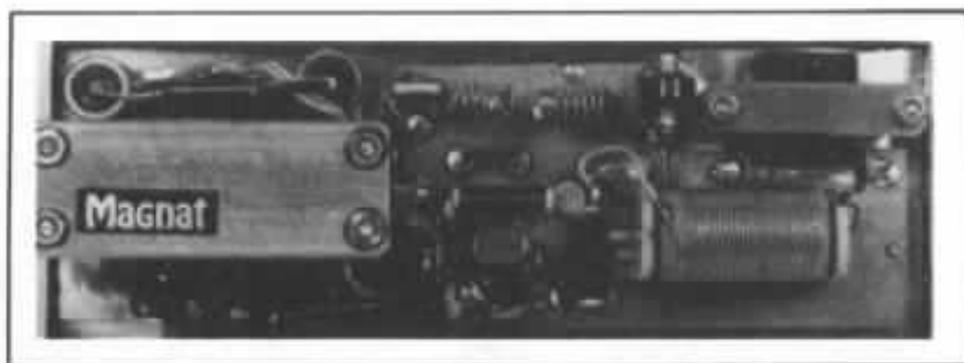


Fig.7 : Vue de l'électronique à transistor.

magnétiques émises par l'électrode de décharge. Elle élimine parfaitement tout risque de parasitisme de l'environnement par voie aérienne.

La réalisation

Le principe, dans sa théorie, est à la fois extrêmement original et simple. Toutefois, M. Klein ne nous a pas caché que la réalisation avait été extrêmement délicate, ainsi que la mise au point définitive.

La partie électronique est contenue dans un boîtier parallélépipédique métallique, constituant un blindage parfait. Le socle est réalisé dans un aluminium profilé, anodisé noir, faisant office de radiateur. A l'inverse des réalisations anciennes, l'électronique est à semi-conducteurs. Nous n'avons pas pu malheureusement disposer du schéma. D'après M. Klein, un seul transistor est utilisé, la modulation est appliquée via un transformateur sur le collecteur. Comme la photo l'indique, très peu de composants sont utilisés, à l'exception de quelques selfs et condensateurs. L'électrode centrale est directement reliée à la plus grosse self située à côté du transformateur de modulation. Cette électrode est réalisée dans un alliage spécifique dénommé Kanthal. Les deux transformateurs ont fait l'objet d'un soin de

fabrication tout particulier, pour limiter les effets de parasitisme par le secteur et par l'arrivée de la modulation basse fréquence. Ils sont réalisés en deux parties. Les enroulements primaire et secondaire sont séparés, ainsi que les circuits magnétiques, par une mince feuille d'innox, reliée au châssis. Ce dispositif très astucieux a éliminé toutes les fuites de haute fréquence, principalement par le secteur.

Caractéristiques et performances

La haute fréquence utilisée est de 27 MHz, elle correspond à la bande autorisée pour les applications H.F. industrielles. La tension haute fréquence est de l'ordre de 2 000 V et la température au centre de la décharge est de plus de 5 000 ° C. Cette température chute très rapidement lorsque l'on s'éloigne de la pointe centrale, pour atteindre 1 200 à 1 500 ° C, valeur moyenne autour de laquelle s'effectue la modulation en température. La réponse en fréquence s'étend de 3 000 Hz à 200 kHz, d'une façon parfaitement linéaire. Des essais ont même été faits jusqu'à 600 Hz. Toutefois, le volume de la flamme d'ionisation devient très important et son utilisation devient quelque peu périlleuse. La réponse dans le haut du spec-

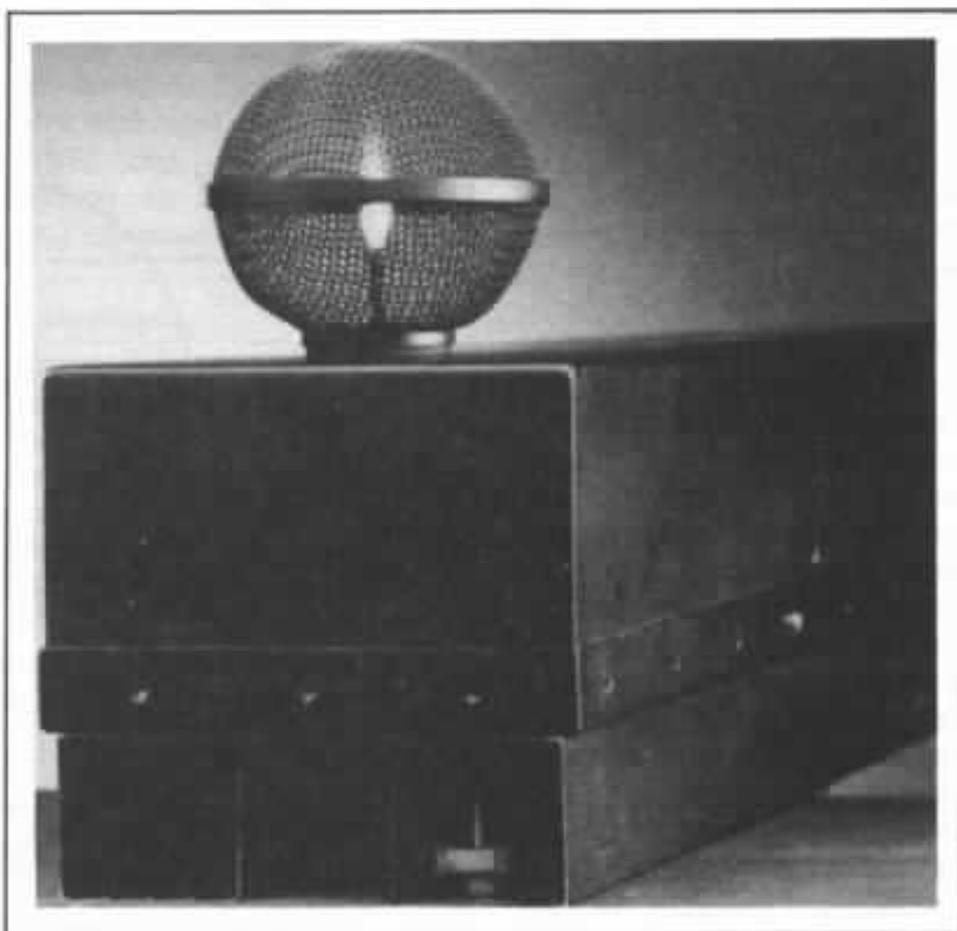


Fig.8 : Le tweeter Magnat-Klein le boîtier contient l'électronique.

tre est uniquement limitée par la qualité du transformateur de modulation, car le principe en lui-même permet de monter beaucoup plus haut en fréquence. Le rendement est exceptionnellement élevé, puisqu'il atteint, selon le constructeur, 114 dB/m/W. Ce rendement très élevé a pu être obtenu grâce à la suppression de la cellule en quartz qui autorise une température autour de la pointe beaucoup plus élevée. Le rayonnement acoustique s'effectue selon un angle solide de près de 4π stéradians (sphère), la seule limitation étant due à la proximité du boîtier. Les résultats en régime impulsif sont, comme le montrent les oscillogrammes, irréprochables. Il n'y a pas de mystère, l'inertie est quasiment nulle puisqu'il n'y a pas de membrane.

Nous n'avons malheureusement pas pu disposer de deux modèles pour faire des essais d'écoute sur un système performant que nous connaissions bien. Néanmoins, les impressions que nous avons pu recueillir dans des conditions qui étaient loin d'être optimales, ont été très séduisantes. Le son est très « libre » et même difficilement localisable. L'aigu et l'extrême-aigu sont à la fois doux, précis, nuancés et dynamiques, sans aucune dureté ni agressivité, rencontrées sur la plupart des tweeters lorsque le niveau qu'ils ont à délivrer est élevé. Il n'y a plus, comme sur les précédents modèles, de forme bien précise de coloration, dont le principal responsable était la cellule (et le pavillon).

Le lecteur se posera certainement la question de savoir pourquoi M. Klein a confié la réalisation de ce tweeter, qui est sans

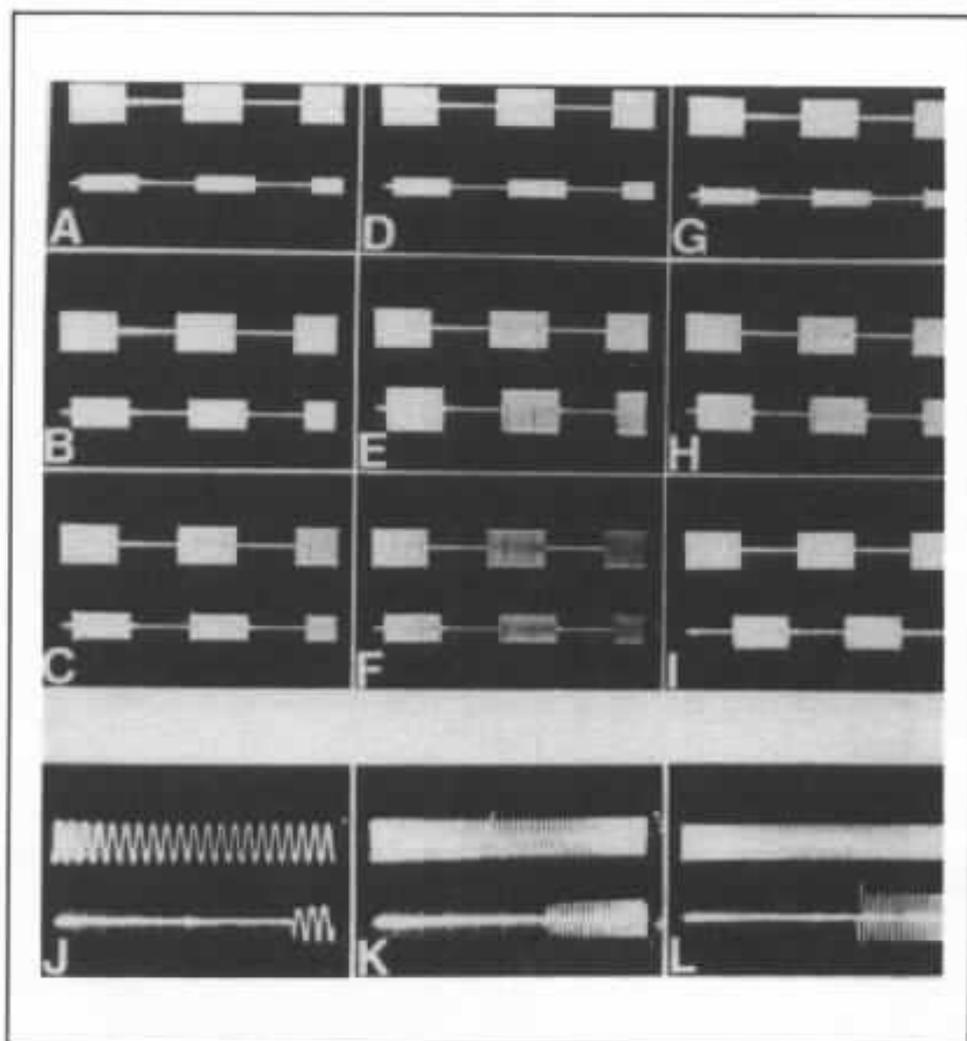


Fig.9 : Réponse en « tone burst » du tweeter expérimental de M. Klein de A à I.

A : 20 kHz, B : 30 kHz, C : 40 kHz, D : 50 kHz, E : 60 kHz, F : 70 kHz, G : 80 kHz, H : 90 kHz, I : 100 kHz.

De J à L : établissement du train d'onde à 10 kHz, 100 kHz et 150 kHz. Les résultats sont tout à fait remarquables. Les limitations proviennent d'ailleurs en priorité du micro de mesure ! Dans la version commercialisée le transformateur de modulation limite la réponse au-delà de 100 kHz. Ce qui ne restreint en rien la capacité dynamique propre du transducteur.

aucun doute le plus performant à l'heure actuelle, à la firme allemande Magnat. La raison en est simple. Après avoir proposé son brevet à plusieurs firmes françaises, il n'obtint aucune proposition concrète.

Connaissant très bien John Dahlquist, il lui proposa la réalisation. Cependant, son infrastructure ne lui permettait pas de mener à bien le projet. Il lui conseilla de s'adresser à Haas Reiner, directeur de la firme Magnat. Les ingénieurs de cette firme travaillent sur des trans-

ducteurs graves et médiums qui sont à même de répondre aux performances de ce tweeter, dans la gamme des fréquences inférieures à 3 000 Hz. Les premiers modèles de série sont prévus pour l'automne 1981. Le tweeter, tout du moins au début, ne sera pas disponible séparément. Le plus gros problème, à présent, est de réaliser un couplage homogène avec les autres transducteurs. Les très grandes qualités de ce tweeter risquent bien de dévoiler les défauts criants des transducteurs conventionnels.

**Page non
disponible**

Mise au point des filtres séparateurs passifs

2 - Point de vue d'un puriste

Guy Marec

Dans la première partie de cette étude, nous avons essayé de mettre en évidence les principaux problèmes posés par l'adaptation des haut-parleurs aux filtres séparateurs et par l'adaptation des cellules de filtrage entre elles, dans le cas des filtres passe-bande.

Dans cette deuxième partie, nous présentons une étude de filtre passif à trois voies, tenant compte de ces problèmes. L'idéal à atteindre est évidemment un circuit dont les performances électriques sont identiques à celles du système multi-amplifié à filtrage actif équivalent. Il est entendu que la comparaison n'est possible que sur les courbes d'amplitude et de phase des fonctions de transfert ; dans le cas d'un filtrage passif, les impédances d'attaque vues par les haut-parleurs sont très différentes.

Choix du filtre

(Se référer à l'article de L.E. Larsen et G. Chrétien dans l'Audiophile N° 10.)

Cette étude a été faite sur un filtre à trois voies à 12 dB/octave, à amortissement $\xi = 1$. Cette structure présente les avantages théoriques suivants :

- pas de fréquence de résonance,
- pas de fréquence propre (elle est nulle),
- bonne composition des phases électriques des haut-parleurs à la

fréquence de séparation, donnant un lobe de diffusion à cette fréquence dans le plan d'équidistance (à condition d'inverser le branchement de l'un des haut-parleurs).

Elle a, par contre, des inconvénients :

- un schéma plus complexe, du fait des compensations d'impédance nécessaires,
- une décroissance moins rapide des courbes d'amplitude, ce qui étend peut-être un peu les zones

de fréquences audibles des haut-parleurs,

- le risque d'éprouver subjectivement « un creux » à la fréquence de séparation, si les diagrammes de rayonnement des haut-parleurs sont très différents ou si les réglages de niveaux sont incorrects. La mise en phase électrique d'un filtre aussi simple, à la fréquence de séparation, se paie en effet d'une contrepartie : elle nécessite une atténuation de 6 dB à la séparation, donc une puissance électrique globale

transmise divisée par deux (ceci se manifeste par l'argumentation d'impédance précisée dans la première partie de cette étude et qui sera mesurée plus loin). Cet inconvénient est minimisé dans un filtre à trois voies par l'atténuation, à mi-bande, du haut-parleur de médium, due à l'interaction des deux fréquences de coupure. Ceci permet de relever son niveau de 3 décibels sans inconvénient.

Il est intéressant de remarquer que, dans la « chronologie » des différentes structures de filtres, celle-ci est la plus proche du filtre à 6 dB/octave, considéré comme le moins mauvais, mais dont les possibilités d'utilisation sont très limitées. Une cellule à 12 dB/octave à amortissement $\zeta = 1$ est en fait strictement équivalente à deux cellules à 6 dB/octave réglées à la même fréquence.

Les fréquences de séparation f_m choisies sont 600 et 6 000 Hz. La figure 1 présente les courbes d'amplitude et de phase théoriques, telles qu'elles pourraient être réalisées en structure active. Il faut noter sur les courbes théoriques l'interaction des deux cellules du filtre passe-bande de médium, qui décale la phase aux fréquences de séparation. Le déphasage est en effet de + 78 degrés à la séparation médium-grave et de - 78 degrés à la séparation médium-aigu, au lieu des + et - 90 degrés de la théorie Larsen. Ce décalage n'est pas dû à une interaction d'impédance ou d'adaptation électrique, mais simplement à la proximité des deux fréquences f_m (1 décade de fréquence les sépare). Le décalage correspondant sur la courbe d'amplitude est très faible, de l'ordre de 0,2 dB. Le schéma de principe du filtre, avant mise en place des réseaux de compensation, est donné figure 1c. Les formules de calcul sont les suivantes :

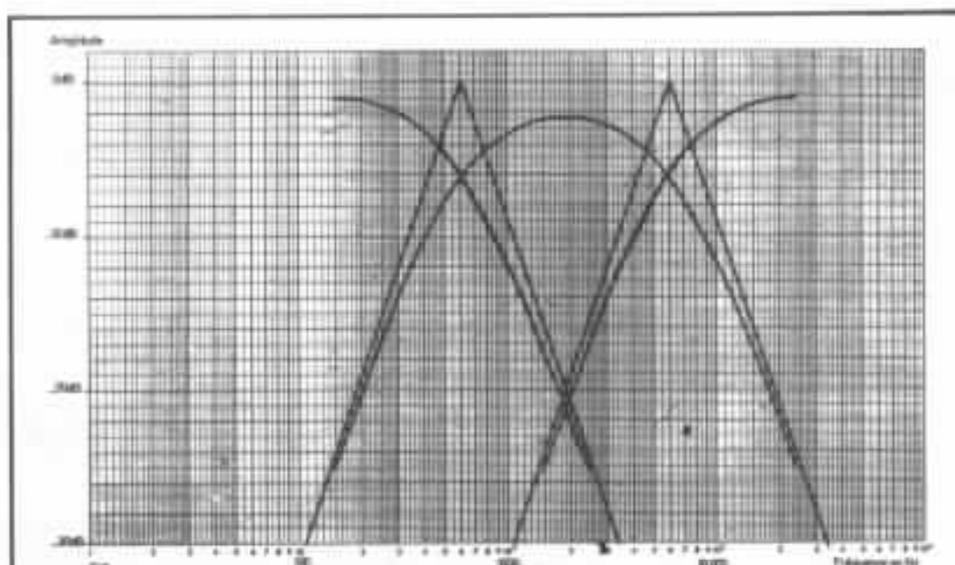


Fig. 1a : Courbes d'amplitudes théoriques.

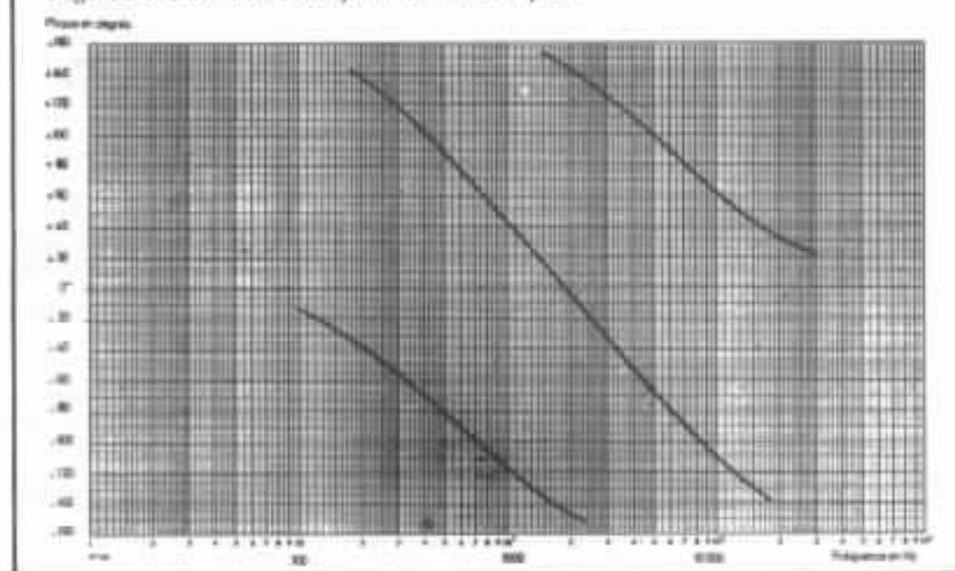


Fig. 1b : Courbes de phases théoriques.

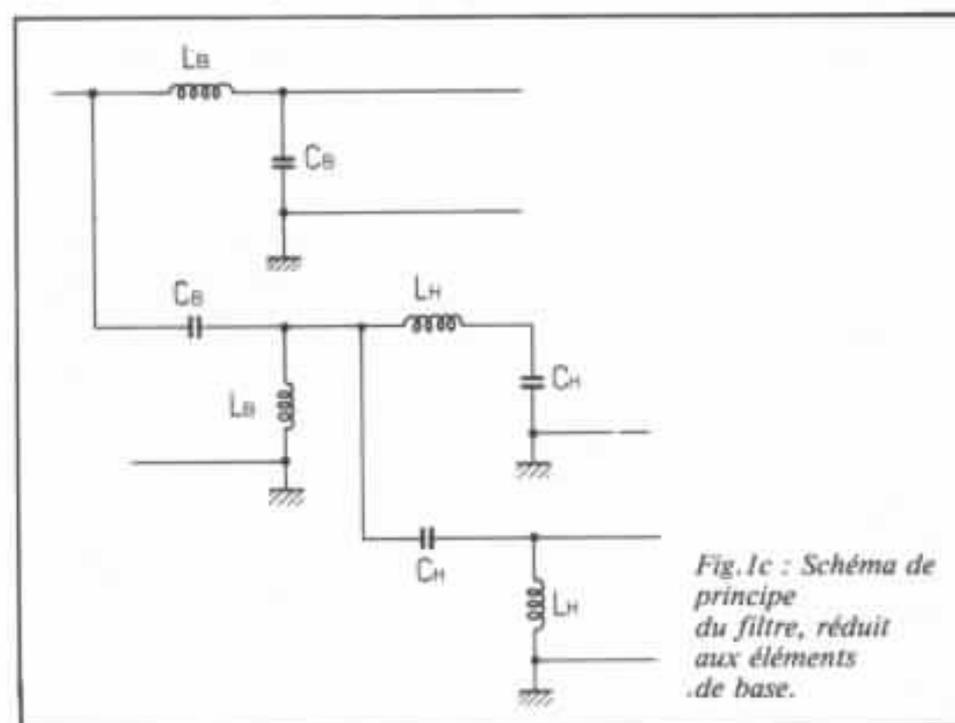


Fig. 1c : Schéma de principe du filtre, réduit aux éléments de base.

$$f_{pn} = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

$$\zeta = \frac{1}{2R} \sqrt{\frac{L}{C}} = 1$$

ce qui entraîne :

$$L = \frac{R}{\pi f_{pn}}$$

$$\text{et } C = \frac{1}{4\pi R f_{pn}}$$

La valeur de R est la résistance équivalente au haut-parleur compensé. C'est donc le premier paramètre du filtre à déterminer.

Compensation des charges du filtre

1 - Les haut-parleurs

L'ensemble de haut-parleurs servant de support à cette étude est celui proposé par Y. Neveu, c'est-à-dire tweeter Siare TWZ, médium Medomex 15 et grave Siare 31TE (se référer aux articles de Y. Neveu, l'Audiophile N° 8, 9 et 11). Il est à noter, chose extrêmement intéressante, que le filtre proposé par Y. Neveu pour son enceinte a été mis au point « à l'oreille » et qu'il est pratiquement d'une structure à amortissement $\zeta = 1$. Notre but n'est donc pas de proposer un filtre « meilleur » que le filtre original, mais de déterminer les limites des possibilités d'un système de filtrage type.

2 - Compensation des charges

(Se référer à l'article de J. Mahul, l'Audiophile N° 8.)

Il est important de bien comprendre que les réseaux dits « compensateurs », montés en parallèle aux bornes d'un haut-parleur, compensent l'impédance « vue » par le filtre, mais ne changent en rien l'impédance proprement dite du haut-parleur. Le but de l'opération est de

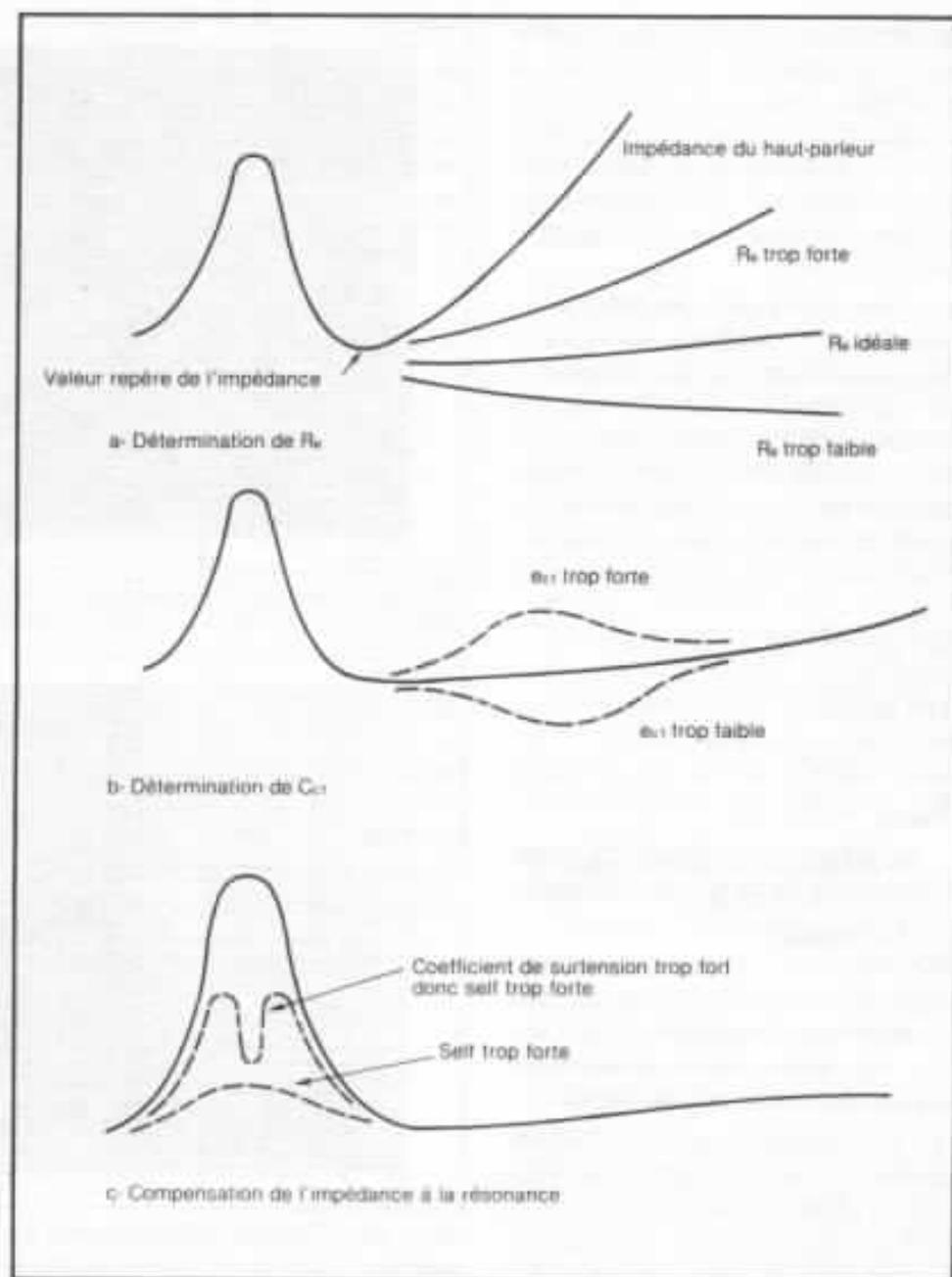


Fig.2 : Compensation de l'impédance de charge des filtres.

rendre la charge du filtre aussi résistive et constante que possible, de façon à parfaitement maîtriser au moyen du filtre la tension appliquée au haut-parleur.

Le principe de compensation est simple, mais la mise en œuvre en est difficile et approximative. Ceci est vraisemblablement dû au fait que le schéma électrique équivalent du haut-parleur est très approximatif ; il ne tient pas compte, en particulier, de la variation de résistance de la bobine mobile avec la fréquence

qui nous paraît pourtant très importante.

L'approche théorique de la compensation nous a conduits à des résultats trop imprécis pour être utilisables. Mieux vaut en faire une étude expérimentale, en relevant la courbe d'impédance et si possible celle de déphasage courant-tension de l'impédance équivalente réalisée. Pour ceux que cette technique pourrait intéresser, voici quelques principes qui permettent de gagner du temps (se référer à la figure 2).

a - Prendre comme valeur repère de l'impédance compensée à atteindre, celle que présente la bobine mobile dans le creux de la courbe d'impédance. On s'estimera satisfait si l'impédance compensée l'est à $\pm 1 \Omega$ de cette valeur.

b - Prendre pour résistance R_e (notation J. Mahul) une valeur largement majorée par rapport à la résistance statique de la bobine mobile. Cette majoration peut aller de 50 % pour un haut-parleur de grave à plus de 100 % pour un médium ou un tweeter. Dans notre cas, nous avons utilisé :

HP grave : $R_e = 8,2 \Omega$

pour $R_{\text{bobine}} = 5,2 \Omega$

HP médium : $R_e = 10 \Omega$

pour $R_{\text{bobine}} = 6 \Omega$

HP aigu : $R_e = 12 \Omega$ pour $R_{\text{bobine}} = 6,1 \Omega$.

Se référer à la figure 2a pour l'approche de la valeur optimale.

c - La capacité C_{cl} (notation J. Mahul) sera aussi déterminée expérimentalement en tenant compte du graphique figure 2b. Un ou deux essais conduisent rapidement à la bonne valeur.

d - La compensation de l'impédance du haut-parleur à la résonance (détermination de L_{cl} , C_{cl} et R_{cl} , en notation J. Mahul) est l'opération la plus délicate. Ne chercher à la réaliser que si l'influence de cette résonance est très visible sur les caractéristiques du filtre (se référer à la première partie de cette étude). Il est nécessaire de disposer d'un jeu de selfs de valeurs connues (de quelques millihenry à 50 mH et plus) et de procéder à des essais, en accordant le circuit résonnant série sur la fréquence de résonance du haut-parleur ou sur la fréquence de résonance la plus élevée, dans le cas d'un bass-reflex. Se référer à la figure 2c pour situer la valeur de la self et pour orienter le réglage.

e - Ne pas oublier qu'il y a une légère interaction entre les élé-

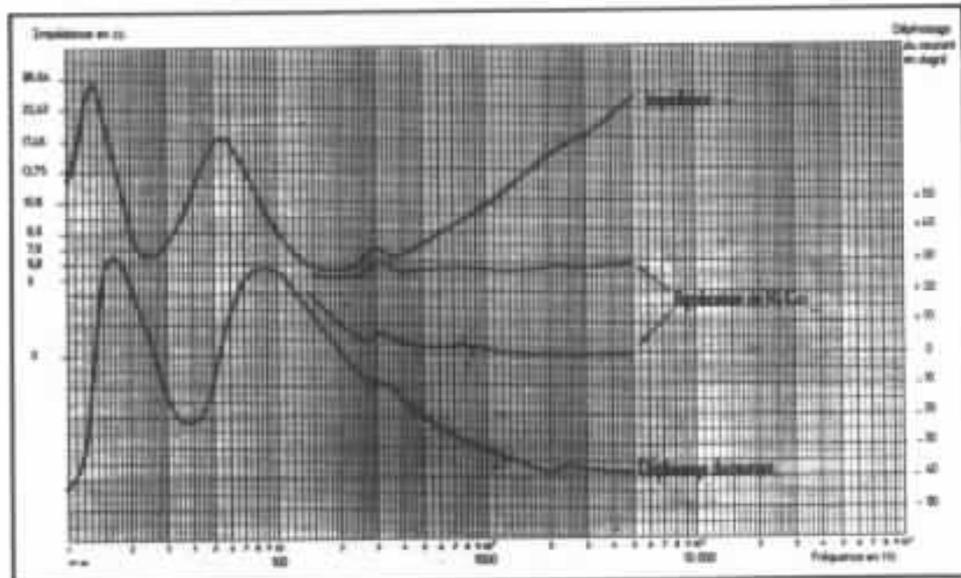


Fig. 3a : Courbe d'impédance du haut-parleur de grave. Courbe de déphasage du courant dans la bobine mobile. Influence du réseau $R_e C_{cl}$.

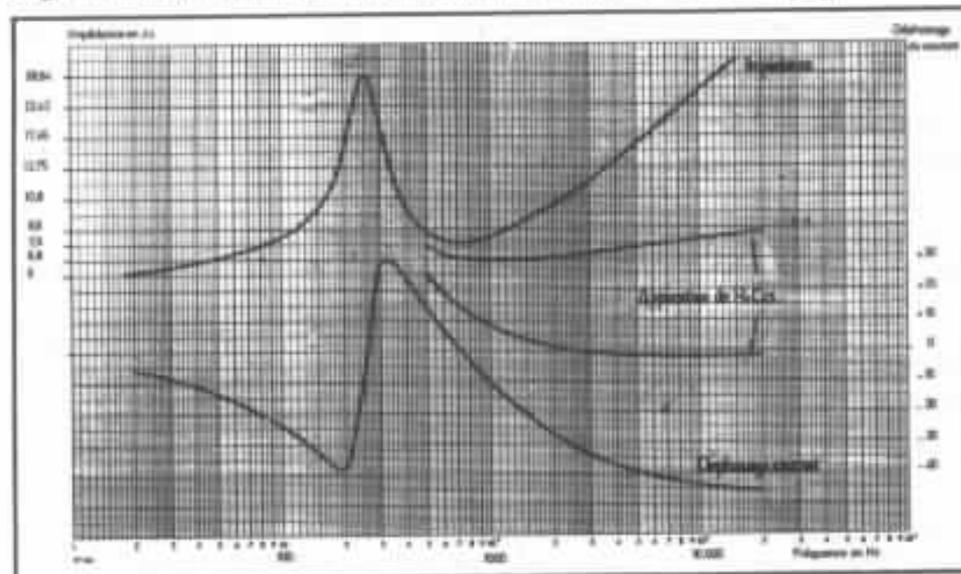


Fig. 3b : Courbe d'impédance du médium. Courbe de déphasage du courant dans la bobine mobile. Influence du réseau $R_e C_{cl}$.

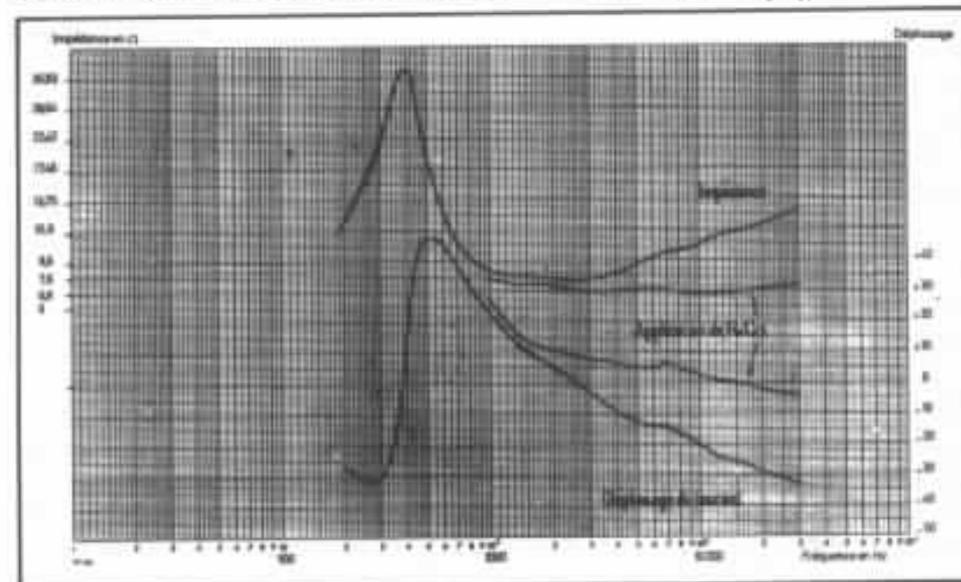


Fig. 3c : Courbe d'impédance du tweeter. Courbe de déphasage du courant dans la bobine mobile. Influence de $R_e C_{cl}$.

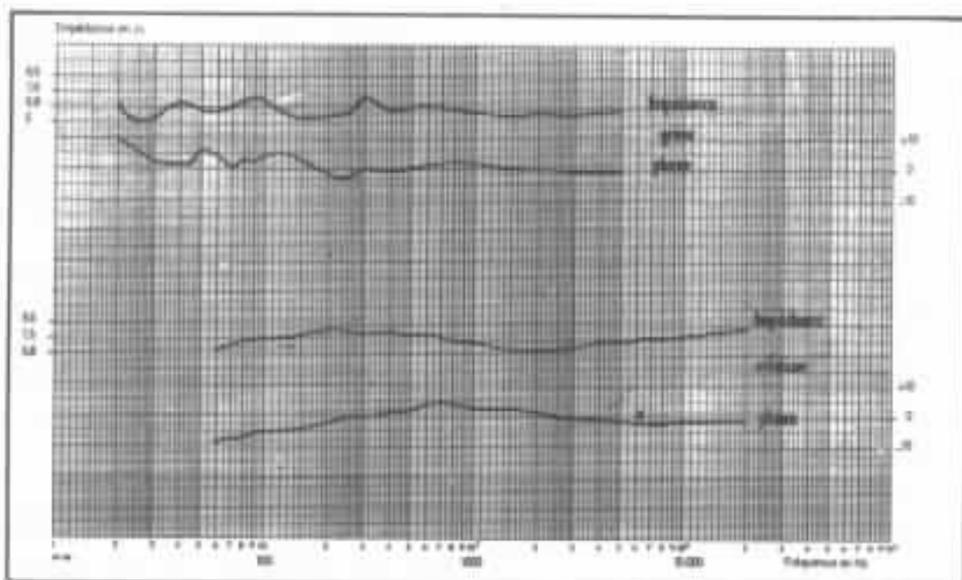


Fig. 3d : Courbes d'impédance et de phase des charges électriques des filtres grave et médium.

ments et qu'il est pratiquement impossible d'obtenir une courbe d'impédance idéalement plate, avec angle de déphasage nul.

L'impédance de charge ainsi obtenue pour les filtres est inférieure à l'impédance nominale des haut-parleurs. Suivant l'amplificateur utilisé, il faut peut-être en tenir compte.

La figure 3 donne les courbes d'impédance et de déphasage du courant dans la bobine mobile des haut-parleurs utilisés, ainsi que les courbes d'impédance corrigées. Il n'a pas été jugé utile de corriger la résonance du tweeter, qui se trouve à plus de 4 octaves de la fréquence de séparation du filtre. La courbe d'impédance du grave est celle d'un bass-reflex dont l'enceinte est accordée à une fréquence légèrement supérieure à celle du haut-parleur. A l'accord exact, il faut augmenter considérablement la self L_{C2} . La courbe d'impédance de charge du filtre grave montre que la compensation de la résonance du haut-parleur n'est pas parfaite, l'impédance est encore réactive (self trop forte) et ceci sera visible sur la réponse en amplitude du filtre. La mise au point n'a pas été poussée plus loin, parce que ce réglage d'enceinte est provisoire. Noter que la « bosse » visible à 300 Hz est due à un

défaut de suspension du haut-parleur.

Les impédances de charge moyennes des filtres sont donc de 6,8 Ω pour le tweeter, de 6,5 Ω pour le grave et de 7 Ω pour le médium. Le calcul des éléments du filtre est fait à partir de la charge la plus faible, soit 6,5 Ω . On obtient :

$$\begin{aligned} L_{H1} &= 3,4 \text{ mH} \\ C_{H1} &= 20 \mu\text{F} \\ L_{H2} &= 0,34 \text{ mH} \\ C_{H2} &= 2 \mu\text{F} \end{aligned}$$

Les selfs utilisées sur les maquettes sont de 3,3 mH et de 0,4 mH. Cette dernière valeur mériterait d'être ajustée à sa valeur théorique, à sa fréquence d'utilisation. Le pont de mesure nécessaire n'a malheureusement pas pu être utilisé pour cette étude.

Schéma du filtre

1 - Compensation des impédances d'entrée des doubles cellules

Nous avons montré, dans la première partie de cette étude, qu'il était nécessaire d'utiliser les cellules de filtrage par paires passe-haut/passe-bas et de rajouter un réseau compensateur sous forme de circuit résonnant série. Dans le cas d'un filtre à trois voies, cette technique est à appliquer deux fois :

- la première, à la séparation médium-aigu, de façon à présenter une impédance constante au filtre passe-haut du médium ;
- la deuxième, à l'entrée du filtre, donc directement sur la sortie de l'amplificateur, de façon à régulariser l'impédance de charge de ce dernier.

Cette dernière correction pourrait paraître superflue ; elle a pourtant un effet subjectif très net, qui peut s'expliquer par une double action : d'une part, une régularisation de la puissance transmise aux haut-parleurs à cette fréquence de séparation, du fait de l'impédance de sortie de l'amplificateur, et, d'autre part, une régularisation du taux de contre-réaction de l'amplificateur, qui est fonction du gain de l'étage de sortie, très souvent proportionnel à la charge.

2 - Réseaux d'atténuation

(Se référer à la figure 4.)

Il est généralement nécessaire de prévoir la mise en place de réseaux d'atténuation résistifs, pour équilibrer les puissances acoustiques transmises par les haut-parleurs, en fonction des conditions d'écoute. Ces réseaux, placés entre la sortie des filtres et les charges compensées, ne doivent pas modifier les charges vues par les filtres. Ils doivent donc être à impédance cons-

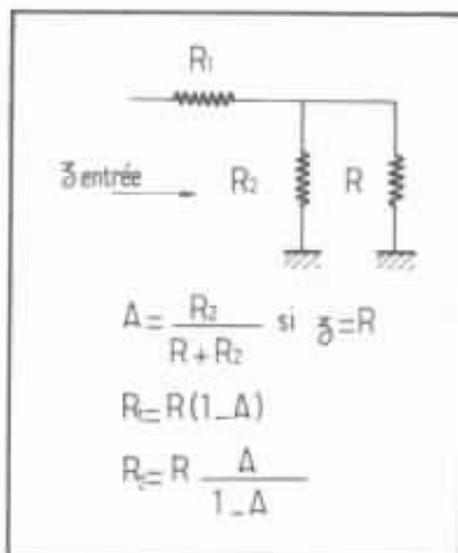


Fig. 4 : Principe d'un réseau d'atténuation à impédance constante.

A dB	A réel	1 - A	A/1 - A
- 1	0,8912	0,1088	8,1911
- 1,5	0,8413	0,1587	5,3012
- 2	0,7943	0,2057	3,8614
- 2,5	0,7498	0,2502	2,9968
- 3	0,7079	0,2921	2,4234
- 3,5	0,6683	0,3317	2,0147
- 4	0,6309	0,3691	1,7093
- 4,5	0,5956	0,4044	1,4728
- 5	0,5623	0,4377	1,2846
- 5,5	0,5308	0,4692	1,1313
- 6	0,5011	0,4989	1,0044

tante et sont constitués de deux résistances. Ne les utiliser que sur les haut-parleurs de médium et d'aigu. Le tableau joint à la figure 4 donne les coefficients nécessaires à la détermination des résistances, en fonction de l'atténuation recherchée, exprimée en décibel.

3 - Le schéma

(Se référer à la figure 5.)

Nous retrouvons le schéma de principe de la figure 1c, augmenté donc :

- d'un circuit résonnant série en parallèle sur l'entrée,
- d'un circuit résonnant série en

parallèle sur la sortie du passe-haut médium,
 - de circuits de compensation de charge des filtres (noter qu'il n'a pas été utilisé de résistance R_{cc2}),
 - de réseaux d'atténuation à impédance constante.

Les valeurs des selfs, nous le répétons, n'ont pu être parfaitement ajustées. Les résultats obtenus montrent que ces valeurs ne sont en fait pas très critiques.

Mesures sur le filtre

Les mesures sur les filtres ont été faites avec des réseaux d'atténuation de 2 dB sur le médium et de 5 dB sur le tweeter. Dans nos conditions d'écoute, le système a été équilibré avec 3 dB sur le tweeter et sans atténuation en médium.

La figure 6 donne les courbes d'impédance et de déphasage du courant de la charge de la cellule passe-haut médium, avec et sans

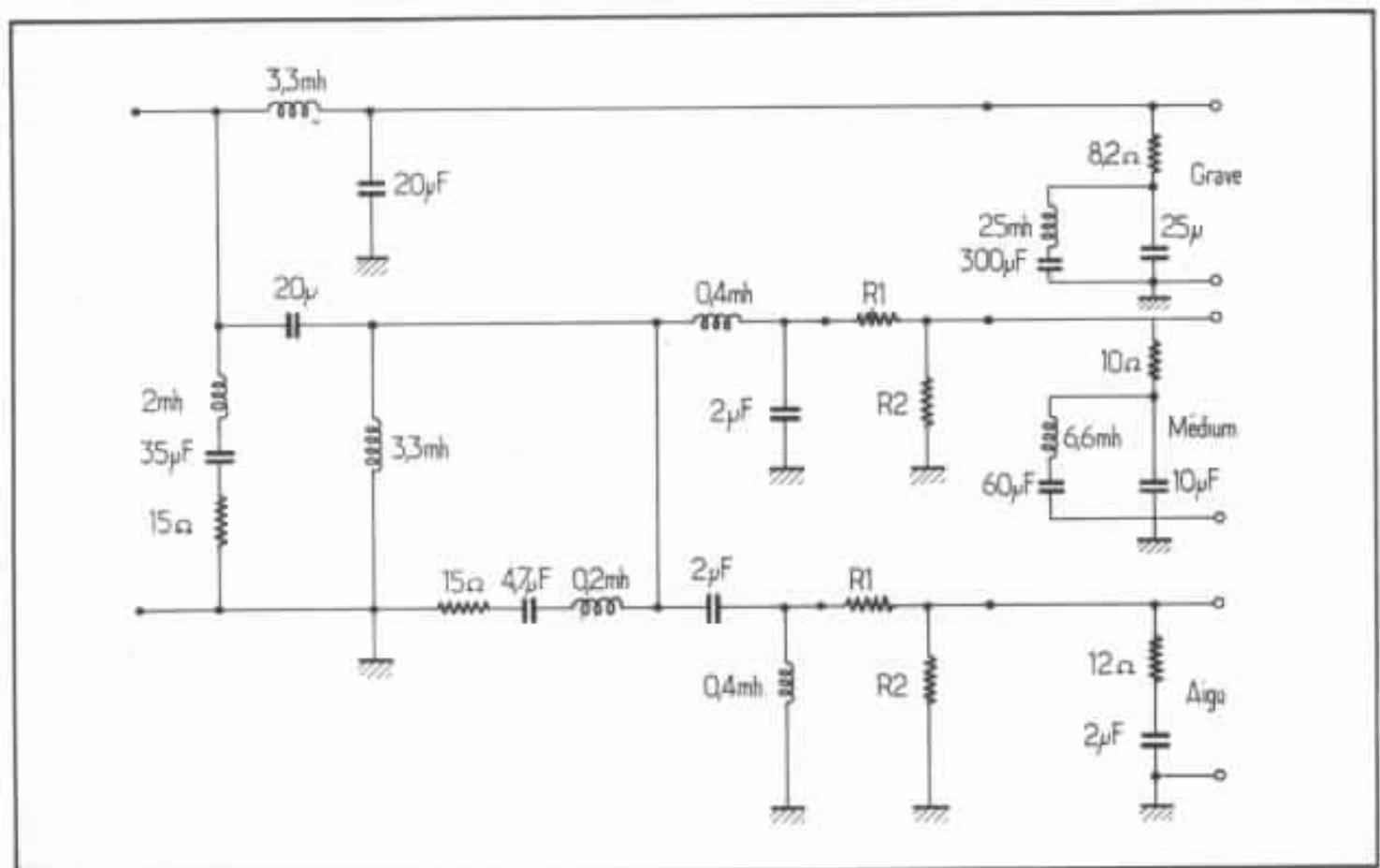


Fig.5 : Schéma du filtre avec circuits de compensation.

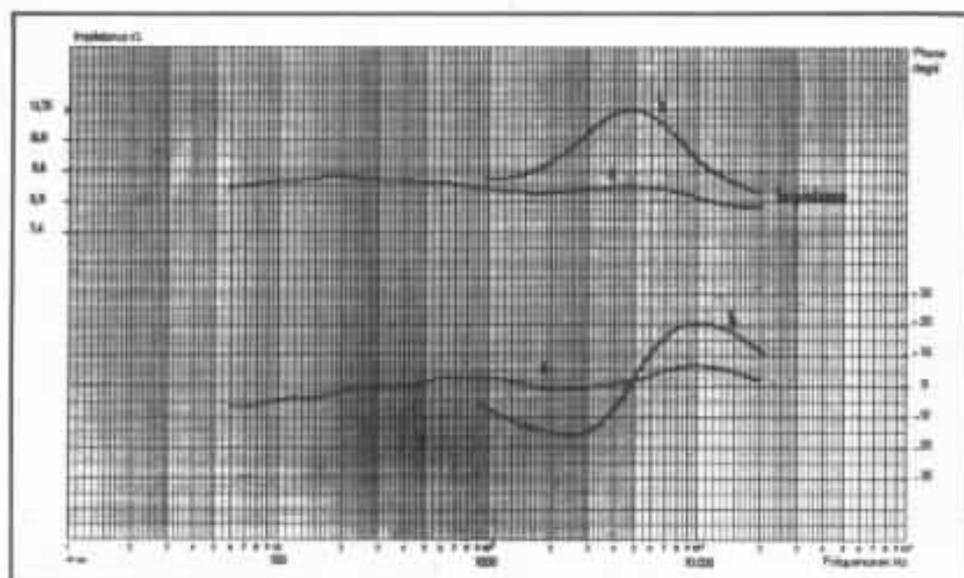


Fig. 6 : Impédance de charge de la cellule passe-haut de médium, a- avec compensation b- sans compensation

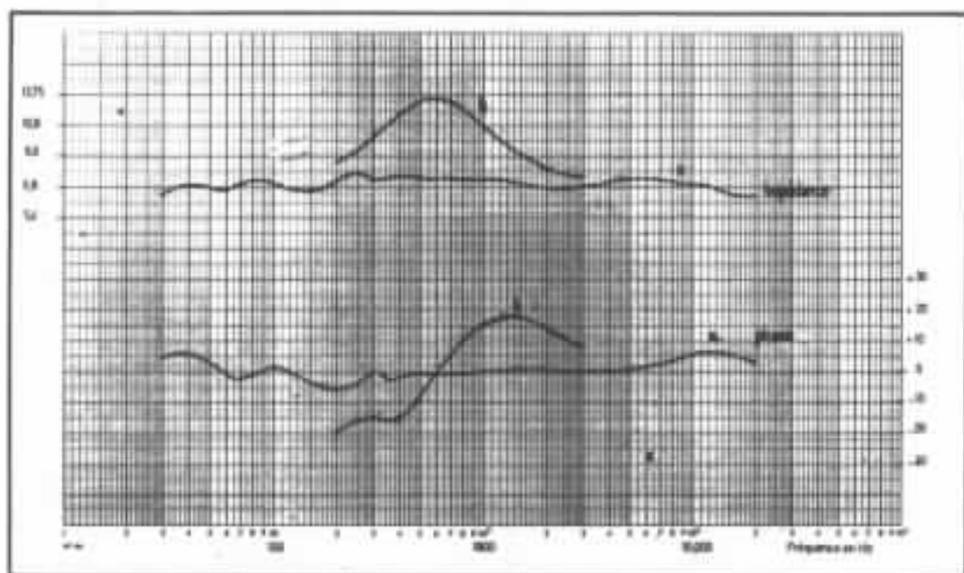


Fig. 7 : Impédance de charge de l'amplificateur, a- avec compensation b- sans compensation

compensation. La nécessité d'une compensation est évidente et confirme les principes théoriques exposés dans la première partie de cette étude.

Il en est de même figure 7 pour l'impédance de charge de l'amplificateur.

La figure 8 donne les courbes d'amplitude et de phase du filtre. Elles sont à comparer avec les courbes théoriques données figure 1. La différence la plus importante est dans la courbe d'amplitude du filtre séparateur grave. La bosse à 100 Hz due à la résonance, a été diminuée d'un décibel, une compensation

parfaitement ajustée permettrait de gagner encore 1 décibel et de s'approcher de la courbe théorique. Noter l'influence du défaut de suspension, très visible à 300 Hz.

Les figures 9a et 9b donnent les compositions vectorielles aux fréquences de séparation du filtre théorique, supposé chargé par les haut-parleurs réels, et du filtre réel, dans les mêmes conditions. Les vecteurs ont des déphasages correspondant aux courants dans les bobines mobiles, paramètre qui nous paraît beaucoup plus important que les tensions de sortie de filtres.

Chose curieuse, les déphasages des courants ont une action plutôt favorable avec ce type de filtre.

Réalisation des selfs

Le choix des condensateurs et des résistances a déjà été longuement traité dans cette revue, il est donc inutile d'y revenir. Il est, par contre, intéressant d'aborder le problème des selfs.

L'idéal est d'utiliser des selfs à air. C'est possible jusqu'à la valeur de 10 millihenry environ. Pour des valeurs supérieures, ce doit être le cas uniquement pour compenser la résonance grave, il faut malheureusement employer des selfs à fer.

Les selfs à air, surtout celles du filtre séparateur grave-médium, doivent être bobinées avec du fil de gros diamètre (supérieur à 3 mm). Il est donc préférable de les réaliser soi-même. A titre indicatif, nous avons employé des fils de $\phi = 3,15$ mm pour la séparation grave-médium, des fils de $\phi = 2$ mm à la séparation médium-aigu et des fils de $\phi = 1,5$ mm pour les selfs de compensation (dans ce dernier cas, le diamètre des fils peut être considérablement réduit, à condition de tenir compte de la résistance de la bobine). Pour la compensation de la résonance grave, les essais ont été faits avec des selfs commerciales. Pour ceux qui voudraient réaliser eux-mêmes leurs selfs, nous rappelons une méthode de calcul extrêmement précise : la formule de Wheeler. Cette formule, bien qu'empirique, donne de très bons résultats, si elle est appliquée correctement. Se référer pour cela à la figure 10.

Le bobinage de gros fils de cuivre est une opération délicate, qui demande un certain tour de main. Le cuivre étant extrêmement cher à l'heure actuelle et une grosse self pesant plusieurs kilos, il est nécessaire de prendre

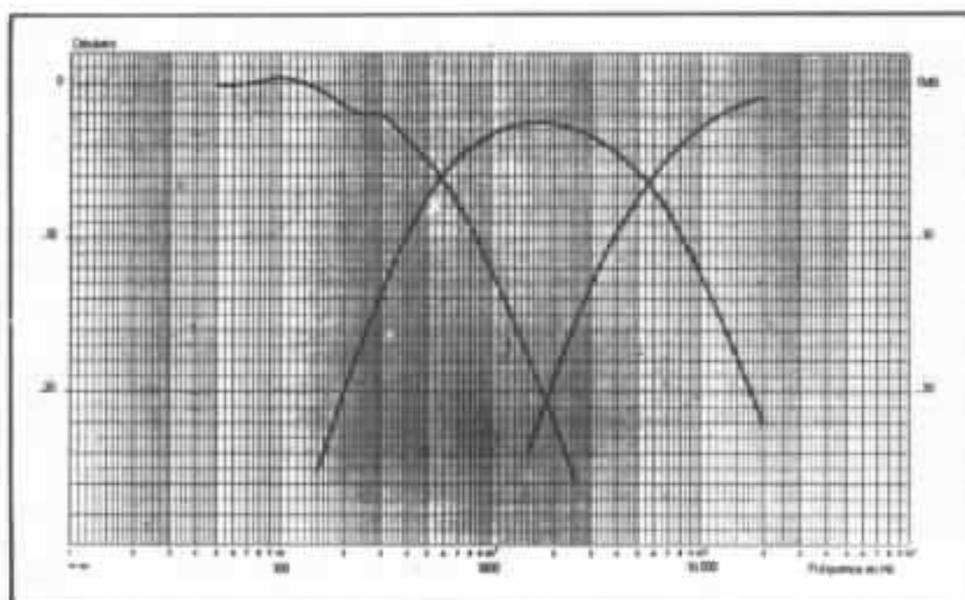


Fig. 8a : Courbes de réponses en amplitude.

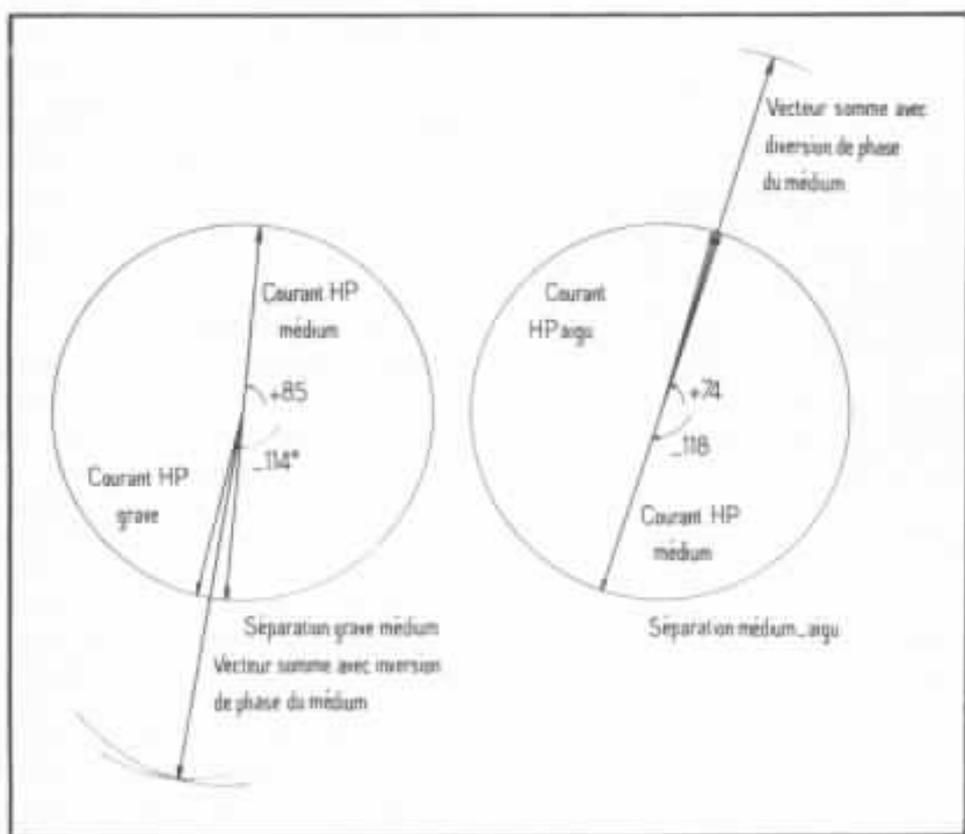


Fig. 9a : Filtre théorique et H.P. réels.

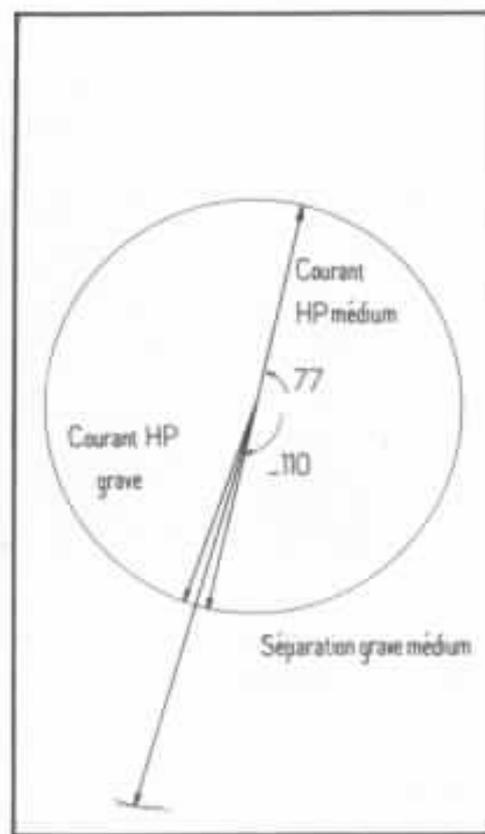


Fig. 9b : Filtre réel.

conseil auprès des professionnels. Nous conseillons ou bien de bobiner les gros fils sur des supports très solides non magnétiques (bois, plastique dur, etc.), ou bien de réaliser un gabarit métallique démontable, opération rentable puisqu'il y a 4 grosses selfs dans un système stéréophonique

Ne pas oublier, après ajustage

de la valeur des selfs, de les imprégner d'un vernis isolant spécialement adapté. Le blocage mécanique des spires a une importance.

Conclusion

Le but de cette étude n'est pas, nous le répétons, de prendre parti pour un type de filtre

déterminé, mais de présenter objectivement les problèmes posés par la réalisation d'un filtre passif. Nous espérons avoir montré que ce n'est pas aussi simple que cela peut le paraître a priori. Subjectivement, nous ne prétendons pas que ce filtre est meilleur qu'un autre : pour comparer, il faudrait disposer simultanément de plusieurs filtres et

Fig. 8b : Courbes de réponses en phase.

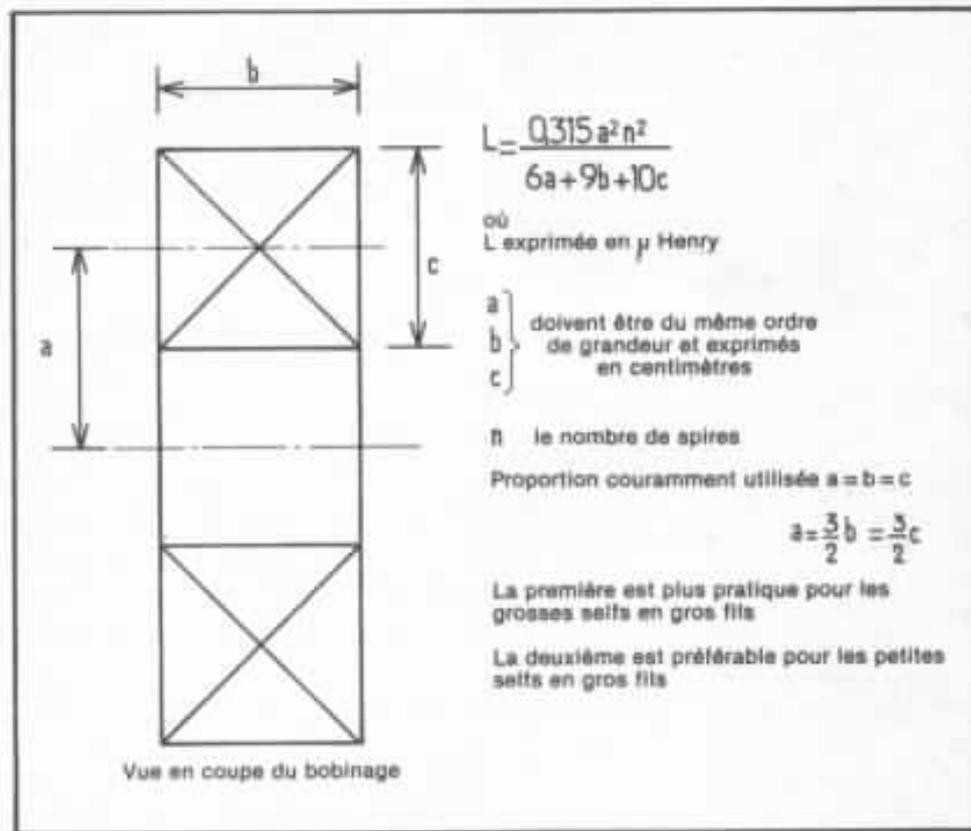
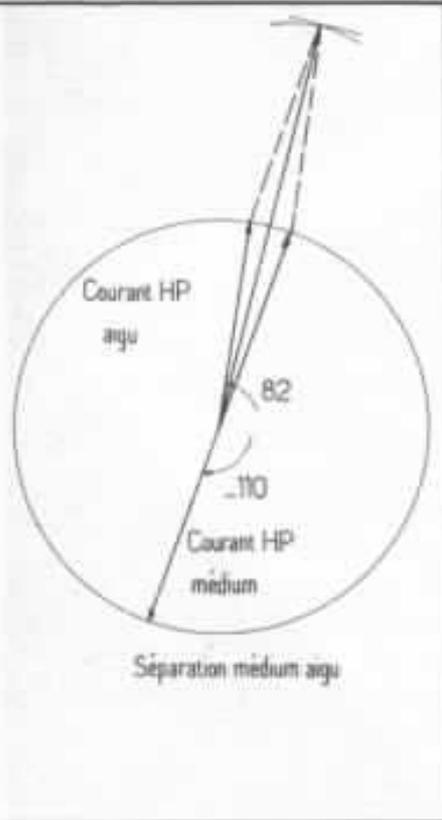
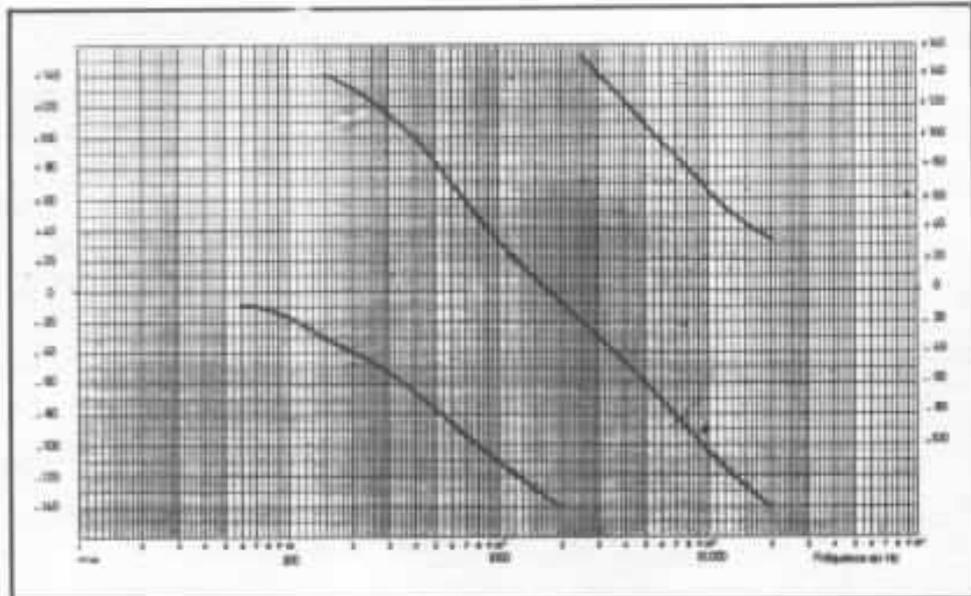


Fig. 10 : Détermination d'une self par la formule de Wheeler.

faire des échanges rapides en écoute aveugle. Ceci demanderait beaucoup trop de temps et de moyens. Il en a fallu déjà pas mal pour mener cette étude jusque-là et il est possible d'aller encore beaucoup plus loin ! Ce que nous pouvons, par contre, affirmer c'est que toutes les compensations électriques indiquées ont eu subjectivement une inci-

dence plus ou moins importante dans le sens de l'amélioration, ceci est très important et prouve une fois de plus qu'il n'y a pas d'ésotérisme en technique audio-fréquence : il n'y a que des phénomènes mal connus ou mal maîtrisés. Il est décevant de constater que la technique hi-fi est le parent pauvre de l'électronique professionnelle, « faire de

la BF » est péjoratif, voire indigne d'un électronicien bien né.

Qui pourra faire admettre que la dite BF est vraisemblablement la partie de l'électronique la plus difficile ? On lui demande, avec des moyens dérisoires, de transmettre 99,99 % d'information dans trois décades de fréquences.

Qui ose prétendre faire mieux ?

**Page non
disponible**

L'enceinte Triangle

ou comment un passionné devient constructeur

Gérard Chrétien

Renaud de Vergnette est un nom qui ne dira certainement rien au lecteur. La raison en est simple, car il y a quelques mois il était encore un passionné anonyme comme tant d'autres. Toutefois, il avait des idées très précises sur les enceintes acoustiques, domaine où il a accumulé une solide expérience depuis plus de dix ans, en réalisant de très nombreux prototypes. Il y a six mois, il s'est décidé à faire le grand saut en commercialisant l'enceinte Triangle. Celle-ci est fabriquée très artisanalement. Les nombreuses originalités qu'elle regroupe méritaient que l'on en parle.

Gérard Chrétien : Le problème de la restitution sonore est pour vous, je crois, une vieille passion ?

Renaud de Vergnette : Il y a plus de quinze ans que je m'intéresse à ce problème. Cela pour plusieurs raisons. Tout d'abord, par passion de la musique. Mon père avait une installation très évoluée pour l'époque. Cela a contribué à me familiariser avec le domaine de la restitution sonore. Ensuite, lorsque j'ai voulu acquérir ma propre installation, j'ai très vite réalisé qu'en fonction des moyens dont je dispo-

sais à l'époque, je ne pouvais pas accéder à une qualité de restitution qui soit réellement satisfaisante.

G.C. : Quels étaient les principaux reproches que vous faisiez à ces matériels ?

R.V. : Ce qui me gênait le plus était le manque de clarté, de transparence, d'ambiance... Il faut dire que j'ai toujours eu l'habitude de fréquenter les salles de concert, et, sans prétendre tout retrouver sur mon installation, il y avait des détériorations majeures extrêmement gênantes,

ne serait-ce qu'au niveau des timbres.

G.C. : Mais est-ce qu'au cours de cette période vous aviez écouté des installations qui donnaient une approche plus fidèle ?

R.V. : Oui, bien sûr. Il y avait entre autre les colonnes Charlin qui donnaient des résultats très intéressants. Je connaissais aussi un ami de la famille qui avait réalisé de grosses enceintes à la façon « Klipsch », avec un seul haut-parleur large bande et un pavillon replié. Les résultats étaient spectaculaires. Malheu-

reusement, je ne possédais pas les moyens d'acquérir de tels systèmes. J'ai essayé beaucoup de matériels en montant progressivement en niveau de qualité et je me suis très vite aperçu, principalement pour les enceintes acoustiques, que la seule solution était de me mettre à les réaliser moi-même. J'ai ainsi entrepris plusieurs réalisations, mais, n'ayant pas fait d'études supérieures en physique, je suis très vite arrivé à un stade où j'ai commencé à me heurter à des problèmes d'ordre théorique. Heureusement, j'avais dans mon entourage des amis qui faisaient de la recherche en physique et qui m'ont aidé à acquérir le support théorique dont j'avais besoin pour avancer dans mes investigations, principalement en acoustique, pour échafauder les principes de base sur lesquels je pouvais m'appuyer.

G.C. : Quels ont été ces principes de base ?

R.V. : Il y a eu, entre autre, le haut-parleur unique, qui, sans filtre, ni aucune adjonction, est en théorie la solution la plus séduisante. Elle offre beaucoup d'avantages en matière de dynamique, rendement, phase électrique, couplage à l'amplificateur. Malheureusement, un haut-parleur unique nécessite, si l'on veut couvrir une bonne partie du spectre, un diamètre suffisant, ce qui oriente donc le choix vers des 21 ou 24 cm. Et, pour préserver un rendement suffisamment bon, la membrane doit être légère. C'est à ce niveau que les choses se compliquent puisque cette exigence s'accompagne de problèmes en matière de distorsion aux fréquences élevées, pour des raisons de fractionnement de membrane, sans parler

des problèmes de dispersion en fonction de la fréquence. Tout cela fait que tous les essais tentés dans ce sens n'ont jamais débouché, du moins pour les électrodynamiques, car, pour les haut-parleurs électrostatiques, les principes restent différents.

G.C. : Avez-vous fait des essais sur les transducteurs électrostatiques ?

R.V. : Non, pas vraiment. Je me suis seulement intéressé à leur évolution. Je me souviens entre autre de la première fois où j'ai écouté les panneaux « Quad ». C'était en 62, je crois. Ces haut-parleurs m'ont beaucoup impressionné. Toutefois, ma passion s'est limitée à l'écoute et au regard, car réaliser un électrostatique nécessite des matériels bien spécifiques d'un investissement important. Je m'en suis donc tenu au haut-parleur conventionnel, en essayant d'en tirer le maximum par la charge, la conception de l'enceinte du point de vue vibratoire et le filtre.

G.C. : L'enceinte « Triangle » repose sur ces principes, d'après ce que j'ai pu en juger. A quand remonte les premières ébauches ?

R.V. : Les premières élaborations datent de deux ans environ. La démarche a été la suivante : tout d'abord, trouver un haut-parleur qui couvre un spectre de fréquences aussi large que possible, idée du haut-parleur unique, et, ensuite, trouver les compléments satisfaisants pour le grave d'une part et pour l'aigu d'autre part. Le choix de ce haut-parleur « central » devait satisfaire de nombreuses conditions, avoir entre autre un diamètre réduit, pour limiter les effets de fractionnement de membrane et

obtenir une bonne réponse impulsionnelle. De plus, il devait avoir une fréquence de résonance suffisamment basse pour que je puisse le raccorder par couplage acoustique avec le haut-parleur de grave, en coupure quasi naturelle. Mon choix s'est porté sur un 13 cm. Celui-ci a subi quelques modifications, principalement sur le cache-noyau, qui, dans la version originale, apportait des perturbations dans le haut-médium. J'ai résolu le problème avec un petit cache-noyau en mousse.

G.C. : Vous êtes donc parti de ce haut-parleur de 13 cm. Il vous fallait le compléter par un haut-parleur de grave et un haut-parleur d'aigu. Quelle solution avez-vous retenue ?

R.V. : Le 13 cm a une bande de fréquences exploitable, comprise entre 90 Hz et 4 500 Hz. Seul, il descend beaucoup plus bas, aux environs de 45 Hz, mais il est impensable de le laisser fonctionner à des fréquences aussi basses pour des raisons de tenue en puissance. Dans le haut du spectre, il monte aussi beaucoup plus haut, mais la courbe est très accidentée et il devient extrêmement directif. J'ai d'ailleurs dû recourir à un filtrage pour corriger sa réponse dans cette zone et permettre ainsi un raccordement homogène avec le tweeter.

Le haut-parleur de grave que j'ai retenu après de nombreux essais est un 21 cm qui a l'avantage d'avoir très peu de coloration dans le grave et dans le bas-médium. Je n'ai pas pris une membrane en bextrène pour deux raisons : la chute de rendement d'une part et le fait que ce type de matériau a tendance à « ramollir » le bas du spectre d'autre part. Sa fréquence de résonance est basse puisqu'elle se

situé à 28 Hz, ce qui me convenait parfaitement.

Le tweeter que j'ai finalement choisi est un modèle à dôme. Ce choix a été extrêmement délicat car, après avoir essayé plusieurs dizaines de modèles, je me suis retrouvé avec deux haut-parleurs qui pouvaient convenir, mais qui avaient chacun leur propre « style ». Je m'explique : l'un d'eux était extrêmement équilibré et avait un très beau timbre, mais manquait « cruellement » de dynamique, l'autre avait de la dynamique et une réponse très étendue, mais, par contre, le défaut d'être un peu acide sur certains messages. C'est cependant ce dernier que j'ai retenu, après avoir trouvé un filtrage approprié. J'ai d'ailleurs fait des comparaisons avec ces deux modèles de tweeters, en compagnie de nombreux auditeurs, avant de me décider définitivement.

G.C. : Vous aviez donc choisi vos trois haut-parleurs, mais je suppose que vous aviez au préalable une vision bien précise sur la façon de réaliser l'enceinte elle-même.

R.V. : Je tenais avant tout à compartimenter au maximum les fonctions et par-là même, limiter les problèmes de vibrations parasites et les phénomènes de couplage entre le grave et le médium. La meilleure solution m'a paru être de séparer complètement la voie grave de la voie médium-aiguë. C'est tout de même dans le grave que les énergies sont les plus importantes et que par conséquent les risques d'excitation du coffret le sont aussi.

G.C. : Vous avez commencé, je crois, à réaliser le satellite médium-aigu. Qu'est-ce qui vous

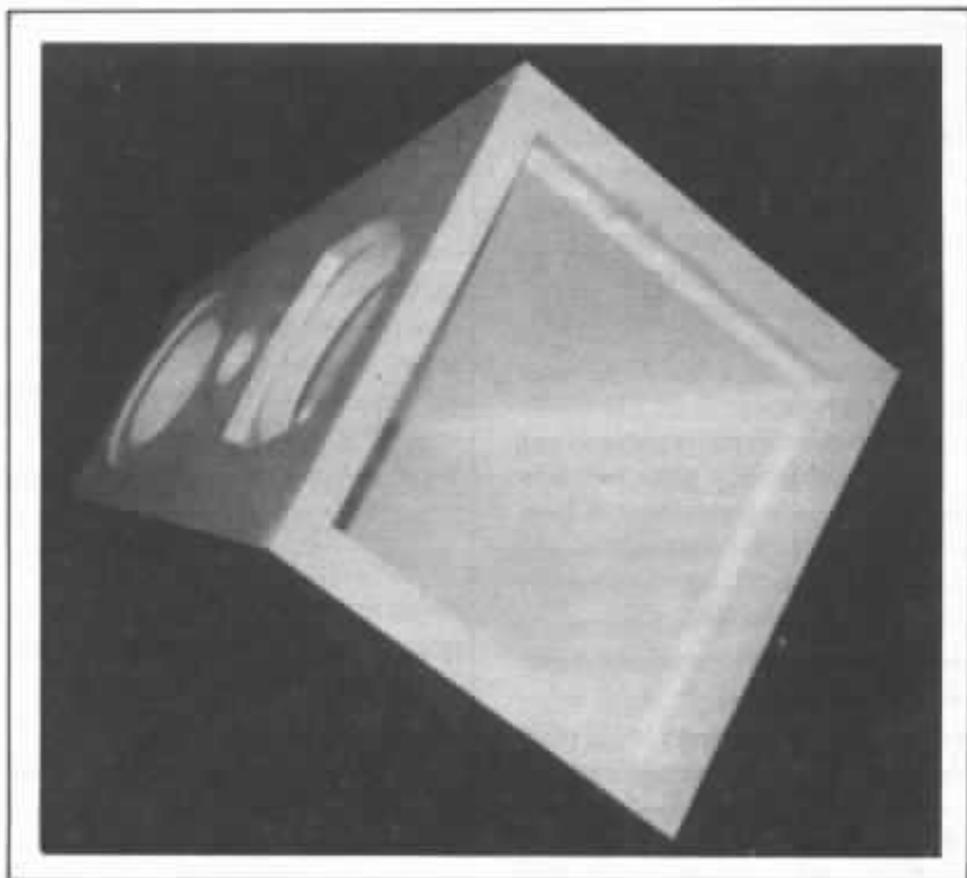


Fig. 1 : Le satellite médium-aigu en plâtre à la sortie du moule.

a guidé dans le choix d'une forme pyramidale ?

R.V. : Je me suis fixé une sorte de cahier des charges. Il fallait que je trouve un coffret qui n'ait aucun parallélisme intérieur pour limiter les résonances. Il devait permettre, de par sa forme, une bonne mise en phase entre le médium et l'aigu, sans pour autant avoir de « décrochement » qui provoque inévitablement des effets de bord, et, de plus, permettre une surface de bafflage minimum autour du tweeter, cela pour des raisons évidentes de rayonnement. J'ai donc passé en revue les différentes formes envisageables, celle de la sphère entre autre, mais j'ai retenu la forme pyramidale. Celle-ci choisie, il fallait trouver les matériaux. L'aggloméré est assez satisfaisant puisqu'il concilie les avantages

d'être assez inerte acoustiquement et relativement dense. Toutefois, il faut avoir recours à de très fortes épaisseurs pour obtenir de bons résultats. La fabrication d'une telle forme n'est pas simple non plus. J'ai préféré réaliser un boîtier monobloc par moulage. J'ai utilisé pour cela un plâtre bien spécial qui s'apparente au plâtre à modeler utilisé en chirurgie dentaire. Il a l'avantage d'être très dense et de se démouler facilement. J'ai eu, en outre, la chance d'avoir un ami qui travaillait sur la réalisation de capteurs destinés à l'analyse du comportement vibratoire des matériaux, entre autre les aciers.

Avec ces moyens de mesure, j'ai pu parfaire mon choix quant à la qualité du plâtre à employer.

G.C. : Vous n'avez pas fait d'essais avec des matériaux

synthétiques modernes du genre epoxy ?

R.V. : Si, bien sûr. Malheureusement, ce genre de matériau nécessite des moules bien particuliers, extrêmement coûteux. On est obligé d'avoir recours à des moules métalliques. C'est la raison essentielle pour laquelle je n'ai pas continué mes investigations dans ce sens. Et je ne suis pas certain que les résultats obtenus avec des résines auraient été très supérieurs. Il y avait aussi le plexiglass qui a l'avantage d'être très dense. Malheureusement, la réalisation est extrêmement onéreuse avec ce dernier.

G.C. : Comment réalisez-vous votre moulage ?

R.V. : Le moule est en bois, plus exactement en contre-plaqué « marine » de 4 cm d'épaisseur. Le plâtre utilisé a une très forte réaction au séchage, ce qui demande un moule très résistant. Les premiers moules réalisés étaient en 25 mm d'épaisseur et se sont cassés dès le deuxième démoulage. Quand le plâtre commence à « prendre », il chauffe terriblement et impose de très fortes contraintes au moule. Le moule actuel est de plus revêtu sur chacune de ses faces de formica très dur, pour faciliter le démoulage.

Les parois du satellite sont en plâtre de 3 cm d'épaisseur, armé par de la filasse. J'ai préféré cette dernière à des armatures métalliques pour des questions de comportement vibratoire. En outre, la filasse offre l'avantage de lier le plâtre et d'éviter la formation de bulles d'air lors du moulage.

Le moule est réalisé en deux parties, un noyau interne et un moule externe, avec une « soupape » sur la partie supérieure. Les évidements, où viennent prendre place les haut-parleurs, ainsi que le trou de l'évent sont réalisés par des tubes en PVC qui

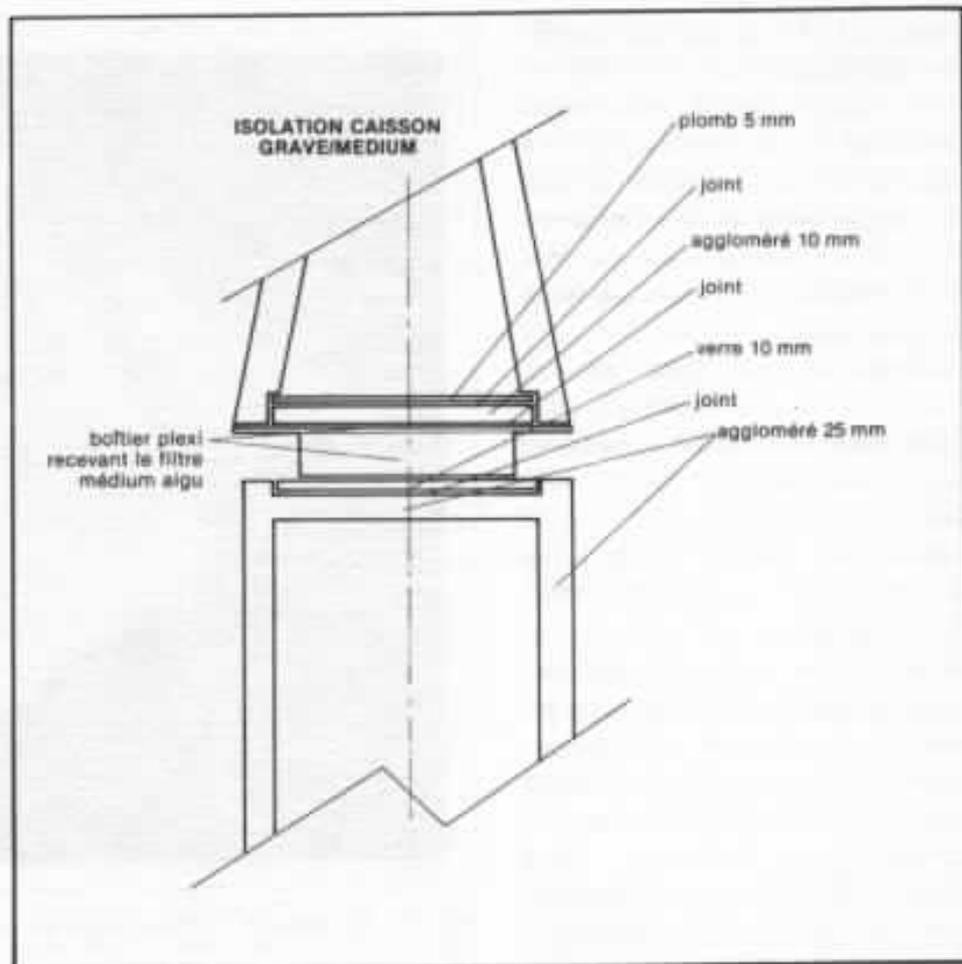


Fig. 2 : Détail de la liaison satellite médium-aigu/caisson de grave.

traversent les deux parties du moule de part en part. Deux petites matrices sont emmanchées sur les deux plus gros tubes pour former les dégagements où viennent se fixer les saladiers. Le décrochement sur la partie inférieure du satellite est également réalisé lors du moulage.

Pour le démoulage, on frappe sur la partie supérieure, de manière à dégager le moule extérieur, après avoir préalablement retiré les tubes de PVC. On retire ensuite le noyau et les matrices.

G.C. : Comment est réalisée la liaison entre le satellite médium-aigu et le caisson de grave ?

R.V. : J'ai accordé un soin tout particulier à cette liaison car, comme je le mentionnais précédemment, je tenais à isoler parfaitement la voie médium-aiguë

des vibrations générées par le grave. J'ai adopté la solution suivante : une plaque de verre est placée sur le caisson de grave, dont nous parlerons plus loin. Sur cette plaque de verre, repose un boîtier en plexiglass contenant le filtre médium-aigu. Sur celui-ci vient se placer le satellite proprement dit, dont le fond est constitué d'une plaque d'aggloméré de 10 mm, recouverte d'une feuille de plomb de 5 mm.

Chacune de ces structures sont reliées entre elles par un joint polymère, qui s'apparente un peu à du « Rubson ». Au moment de son application, il est liquide, puis il se solidifie au séchage en conservant ses propriétés d'élasticité et constitue ainsi une colle très efficace. Cette solution complexe offre l'avantage de ne pas

avoir recours à une fixation par vis, par exemple, qui constitue un pont acoustique aux vibrations. Ainsi, il n'y a aucune transmission de vibration entre le caisson de grave et le satellite médium-aigu, car il n'existe absolument aucune liaison « rigide ».

G.C. : La fixation des haut-parleurs est, elle aussi, originale, je crois ?

R.V. : Effectivement, à l'intérieur du satellite, sur la face recevant les haut-parleurs, est placée une contre-plaque de 5 mm d'épaisseur, fixée sur le plâtre par un joint polymère du même type que ceux mentionnés précédemment. Sur cette contre-plaque viennent se fixer les vis BTR de fixation des haut-parleurs, lesquels sont eux aussi fixés par un joint sur le plâtre.

G.C. : Cette méthode permet d'éviter la transmission des vibrations entre les saladiers et le caisson de médium-aigu.

R.V. : C'est cela. Les haut-parleurs sont toutefois fixés très énergiquement par les vis BTR, de sorte à ce que le découplage introduit par le système de fixation employé n'intervienne qu'à des fréquences relativement basses et ne s'accompagne pas d'un déplacement du saladier en sens inverse de celui de la membrane sur les fortes accélérations, ce qui ne manquerait pas de se produire si le joint était trop souple et qui se traduirait par une perte de dynamique.

G.C. : Le médium fonctionne en bass-reflex, avez-vous amorti l'intérieur du satellite ?

R.V. : Oui. J'utilise sur les parois latérales uniquement des plaques de mousse de 10 mm d'épaisseur, dont le rôle est d'amortir les réflexions internes résiduelles qui subsistent malgré tout, bien que les satellites soient très inertes.

Je voudrais revenir sur les découplages que j'emploie pour

la fixation des haut-parleurs ainsi que pour la liaison satellite/caisson de grave. Mon intention n'a pas été d'appliquer systématiquement cette solution. C'est un peu une arme à double tranchant. Les découplages successifs mal étudiés peuvent être catastrophiques. C'est le même problème que l'on rencontre sur les platines lorsque l'on insère deux découplages successifs en plaçant, par exemple, une platine à contre-platine suspendue sur un support élastique. Dans l'étude de mon enceinte, avant d'arriver à ce résultat, j'ai fait de très nombreux essais, auditifs pour la plupart. Ils m'ont permis de bien mettre en évidence l'influence de la « qualité » de fixation des haut-parleurs. Lorsque la liaison est très rigide, entre les saladiers et le satellite, on remarque que celui-ci, bien qu'il soit extrêmement inerte par rapport aux réalisations conventionnelles, vibre et donc rayonne de l'énergie. Cela s'accompagne d'un « flou » et d'une perte sensible dans la localisation.

G.C. : Parlons maintenant de la voie grave.

R.V. : Une fois que le satellite a été conçu et fabriqué, il m'a fallu réaliser un caisson de grave qui s'accorde parfaitement bien avec lui. Trop souvent, lorsque la fréquence de raccordement entre le médium et le boomer est basse, comme dans le cas des subwoofers, le grave s'intègre mal au reste du spectre. Il semble « rajouté ». Dans ma réalisation, j'ai tenu à faire un système trois voies qui soit très cohérent, et non pas associé avec un complément grave au satellite médium-aigu pour pallier à sa réponse limitée dans les fréquences basses. Il me semble essentiel, lors de la conception d'un

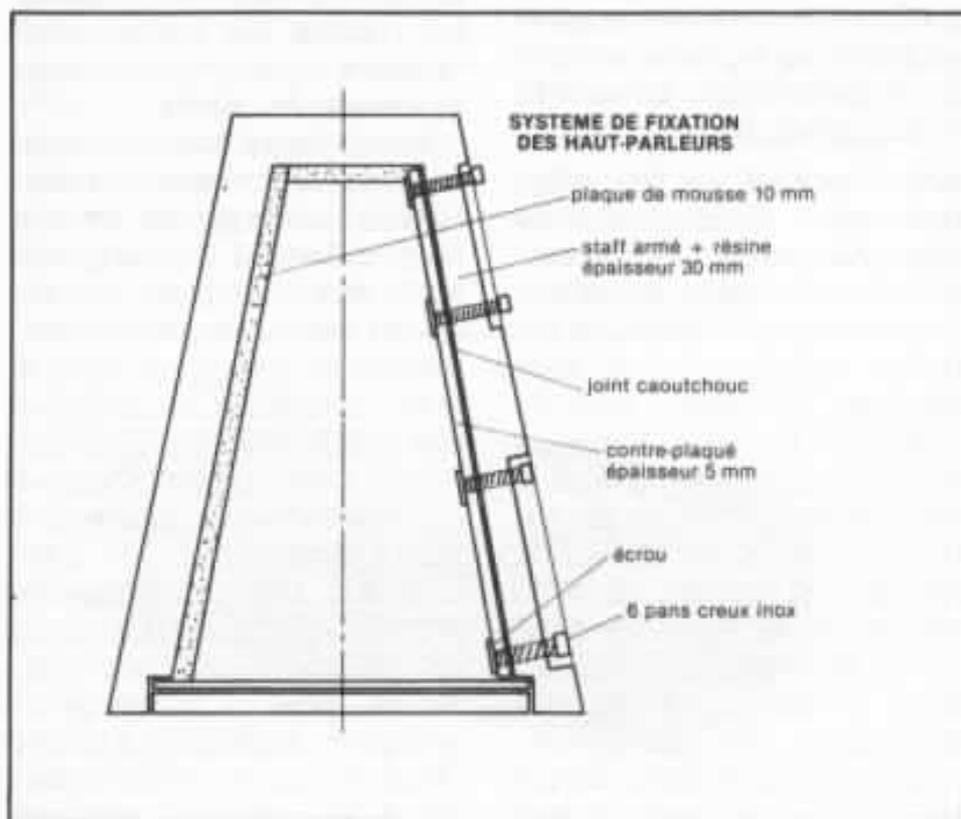


Fig. 3 : Détail du principe utilisé pour la fixation des haut-parleurs.

système, de considérer la réponse globale en fréquence, l'équilibre général et de ne pas se polariser sur des points de détail. L'accord entre les divers haut-parleurs est très délicat à réussir, tant au niveau du choix des transducteurs qu'à celui de leur charge respective et du filtrage bien naturellement.

G.C. : Vous avez donc choisi votre haut-parleur de grave, un haut-parleur de 21 cm dont nous avons parlé précédemment. Il fallait donc réaliser une charge qui permette un mariage homogène avec votre satellite.

R.V. : Oui, le 21 cm que j'ai retenu a une fréquence de résonance très basse et un coefficient de surtension tel qu'il m'imposait une charge de type enceinte close. Le haut-parleur est fixé horizontalement, la membrane dirigée vers le sol, à 60 cm environ. A l'arrière, il est donc chargé par une cavité close, et à l'avant, par un labyrinthe. Ce dernier sert de filtre acoustique passe-bas. Ainsi, le grave fonctionne en couplage acoustique avec le médium. Avec ce procédé, j'évite le phénomène de gonflement dans le bas-médium, gonflement qui ne manquerait pas de se produire sans l'utilisation de ce labyrinthe, par superposition des réponses de chacun des transducteurs. Je peux ainsi obtenir un résultat très équilibré, sans avoir recours à un filtrage électrique énergique, qui apporte de graves perturbations.

G.C. : Ce dispositif a également l'avantage de symétriser la charge sur l'avant et sur l'arrière de la membrane...

R.V. : Exactement, le haut-parleur est chargé des deux côtés, à l'avant par le labyrinthe, et à l'arrière par une enceinte

close d'une vingtaine de litres. Cependant, je tiens à préciser que ce n'est pas à proprement parler un principe de charge symétrique tel qu'il est coutume de le définir en théorie.

G.C. : Comment est réalisé ce caisson de grave ?

R.V. : J'emploie un aggloméré de 25 mm d'épaisseur, de haute densité. L'ensemble est rigidifié par les éléments constituant le labyrinthe. De plus, le type du montage utilisé contribue à parfaire la rigidité de l'ensemble. Le matériau absorbant, placé à l'intérieur de la cavité close, est un molleton synthétique. Je préfère ce matériau à la laine de verre car celle-ci se détériore, se tasse dans le temps. Des microfibrilles de laine de verre ne manquent pas de se détacher et sont dangereuses pour la membrane du haut-parleur de grave, principalement dans la configuration retenue, où le haut-parleur est placé horizontalement.

G.C. : Le haut-parleur de grave est-il fixé de la même manière que le médium avec un système de découplage ?

R.V. : Non. Il est fixé d'une façon rigide, il a simplement un joint pour assurer l'étanchéité. J'ai fait des essais de découplage, mais ceux-ci ne se sont pas révélés convaincants. A forte puissance, le saladier entre en oscillation. En outre, le support dans ce cas est en aggloméré, matériau dont la réaction est différente de celle du plâtre. De plus, la zone de fréquences dans laquelle le haut-parleur fonctionne est celle où les énergies mises en œuvre sont les plus importantes. Le découplage, pour qu'il soit efficace, devrait intervenir uniquement en dessous de la résonance de la voie

grave, zone où il y a peu d'informations. C'est un cas beaucoup moins critique que celui du médium.

G.C. : Parlons à présent du filtrage. Comment avez-vous effectué les recouvrements ?

R.V. : Comme nous l'avons déjà dit, le médium est le haut-parleur qui couvre la plus large bande de fréquences. Son raccord avec le tweeter s'effectue avec un filtre correcteur qui corrige sa courbe vers 5 000 Hz, fréquence au-delà de laquelle la réponse chute naturellement. Le passe-haut du tweeter, par contre, coupe énergiquement à 18 dB/oct., pour des raisons de tenue en puissance.

Entre le grave et le médium, la coupure du passe-bas intervient à 90 Hz, en pente douce, à 6 dB/oct. Celle du passe-haut s'effectue vers 45 Hz, en pente douce, pour accentuer sa coupure naturelle. Cela évite de lui imposer des contraintes inutiles limitant sa tenue en puissance. La réponse du satellite commence à chuter naturellement au-dessous de 110 Hz.

Je suis arrivé à cette configuration après de nombreux essais, auditifs pour la plupart. Pour ce faire, j'ai utilisé des enregistrements directs de piano, de violon, de voix... Les comparaisons simultanées entre le son direct et le son reproduit m'ont beaucoup aidé pour la mise au point définitive de cette liaison. La mesure est essentielle pour dégrossir le travail, mais elle n'est pas suffisante. L'écoute est indispensable pour obtenir un mariage réussi. Le principe retenu dans mon enceinte pour la liaison grave-médium ne correspond à aucune théorie conventionnelle, pourrais-je dire. Dans beaucoup de réalisations, les résultats dans

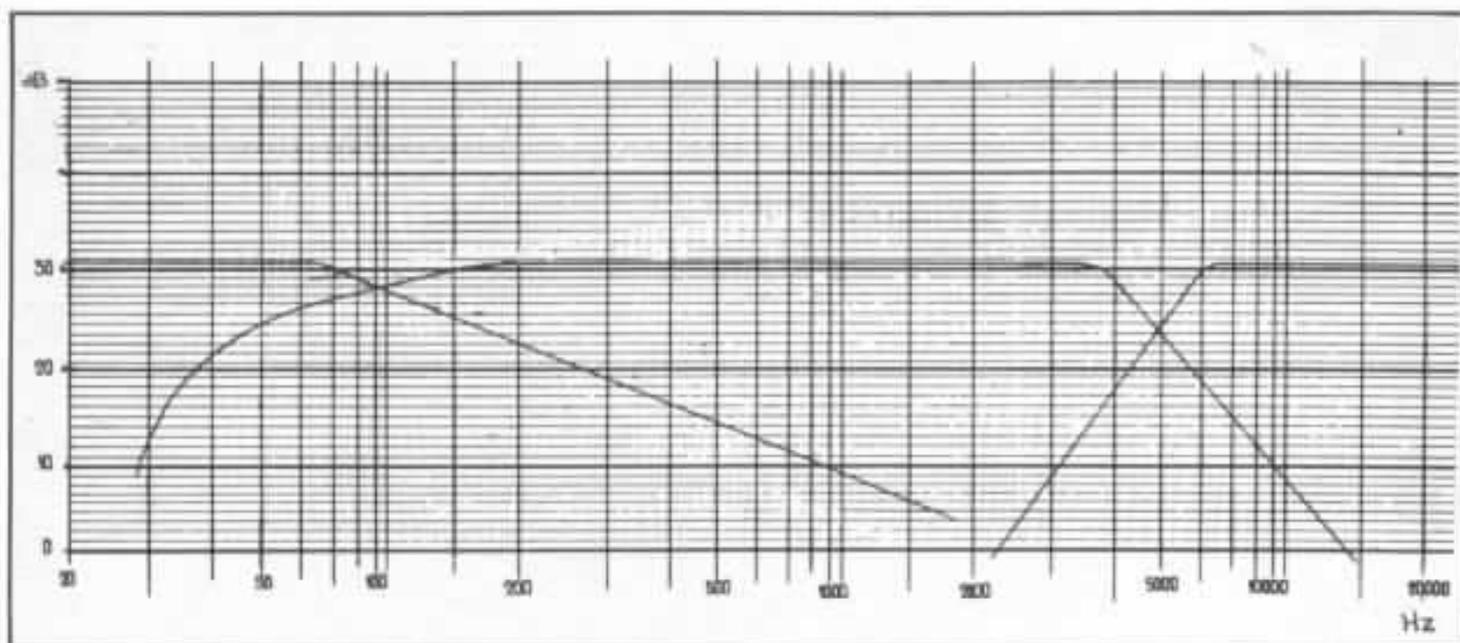


Fig. 4 : Diagramme de filtrage des trois haut-parleurs.

cette zone ne sont pas probants. A mon avis, le son est souvent gonflé, empâté.

G.C. : Mais ne pensez-vous pas que ce soit le couplage au local qui se manifeste surtout à ces fréquences ?

R.V. : C'est certain. J'ai fait de nombreux essais dans des acoustiques très différentes, de manière à obtenir un équilibre global de mon enceinte le moins dépendant possible des caractéristiques propres du local. Au pire des cas, dans un local très réverbérant, le bas-médium semble être un peu en retrait. C'est

un parti pris que j'ai préféré à un son empâté, qui dénature tout le spectre dans un local d'acoustique conventionnelle. Quoi qu'il en soit, il faut écouter et réécouter avec des auditeurs différents, dans des pièces différentes, pour parvenir à l'équilibre le plus satisfaisant. C'est un travail fastidieux, mais très enrichissant.

G.C. : Le filtre médium-aigu et le filtre de médium-grave sont séparés. Pour quelle raison ?

R.V. : C'est principalement pour des raisons d'encombrement. Les coupures grave-médium intervenant à des fré-

quences basses, les selfs nécessaires pour accomplir ce filtrage sont très volumineuses. J'ai d'ailleurs dû avoir recours à des selfs à fer pour certaines d'entre elles. Le filtre du satellite est placé dans un compartiment en plexiglass, sous celui-ci. Les composants utilisés sont de haute qualité : condensateurs papier métallisé, selfs de gros diamètre, câblage en fil de section 2,5 mm² (Péréna)...

G.C. : Conseillez-vous des mailons bien particuliers pour l'électronique, la cellule, ... ?

R.V. : Oui. Il est bien évident que, pour les cellules entre autre, il faut utiliser des modèles dont l'équilibre soit en accord avec l'équilibre de l'enceinte. Ainsi, dans mon cas, je conseille des cellules telles que la Denon DL 103, la Shure V 15/4 ou certaines Supex. Il faut éviter les phonolecteurs ayant une réponse trop accentuée dans le haut du spectre. Je pense que les enceintes Triangle sont suffisamment définies et précises pour qu'il ne soit pas nécessaire « d'en rajouter ».



Fig. 5 : Boîtier de plexiglass recevant le filtre médium-aigu fixé sous le satellite.

**Page non
disponible**

La platine Minimum

Pierre Lurné

Nous avons publié, il y a deux ans, deux articles consacrés au bras de lecture de Pierre Lurné. Depuis, il s'est intéressé au problème de la table de lecture. Nous lui avons demandé de nous relater la démarche et la conception qui lui ont permis de mener à bien son projet. Ce projet, en apparence très simple, repose sur une approche lente et méticuleuse où les problèmes fondamentaux de la lecture du sillon ont été analysés très en détail. Il est à noter qu'en matière de table de lecture très évoluée de nombreux chercheurs français travaillent sur ce sujet et ne tarderont pas, nous en sommes certains, à faire école.

Disons-le tout de suite : la Haute Fidélité est bien pauvre sur le plan de la pensée. Elle est tellement repliée sur elle-même qu'elle en oublie souvent jusqu'à la musique, le comble ! Les mathématiques, la médecine, l'écriture, la peinture, etc., toutes les disciplines (?) ont toujours développé une vue au sens large, une véritable philosophie de leur Art, qui leur permet de le déborder pour mieux le cerner, mieux le comprendre et le servir. Rien de semblable dans le monde de la Haute Fidélité. Aucune pensée qui puisse s'harmoniser avec elle et favoriser son épanouissement. Rien d'avoué, rien de connu en tout cas.

LA CONCEPTION MINIMUM

Cet état de fait me gêne depuis

toujours et je le ressens comme une carence, pour ne pas dire une blessure. Alors, peu à peu, des idées aussi générales que désordonnées se sont grossièrement assemblées et laissent entrevoir des perspectives nouvelles qui vérifient parfois la pensée première dont elles sont issues en une sorte de boucle esthétique. De ces contreparties inattendues et passionnantes, de ces fragments de synthèse, se dégage lentement une unité. Traduire en mots un effort si peu matériel me paraît en l'instant présent bien délicat. Mais la forme importe peu ici. Le premier résultat utilisable est ce que l'on pourrait appeler « La Conception Minimum ». Le terme est choisi pour son à propos évident comme on va le voir ci-dessous. Il n'est en aucun cas un

restrictif pré-établi, bien au contraire.

Un objet quelconque est toujours le résultat d'un ensemble complexe de conditions préalables fort nombreuses. Au niveau le plus élevé on peut placer « l'Intention Première ». La qualité de cette donnée totalement abstraite s'est révélée essentielle, déterminante. Puissance, vanité, cupidité, mégalomanie, etc., sont nuisibles, traquées et rejetées. Ici, seule doit régner « l'Intention Pure » au sens des cabalistes espagnols du moyen âge, « l'Intention Minimum ».

La Démarche, un pas vers le concret, le lien entre l'Art et la Science idéalement indissociables, synthétise, harmonise, épure et dépouille, simplifie et magnifie, recherche l'essentiel, le

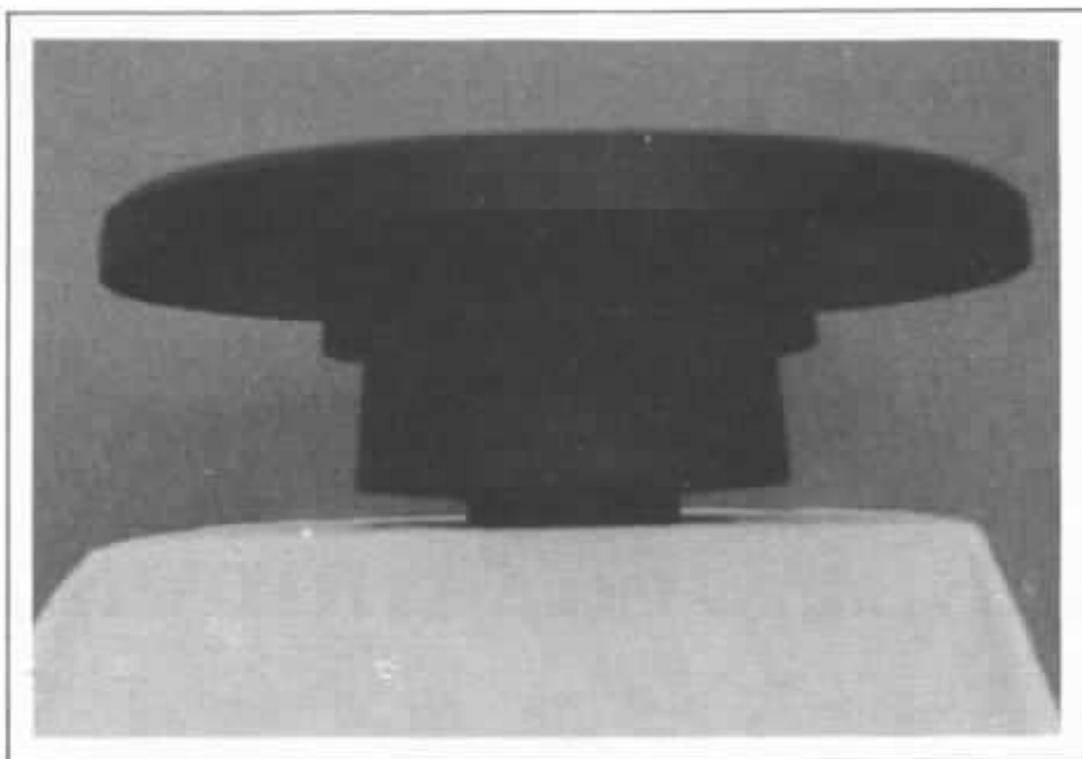


Fig. 1 : Vue de profil du plateau. Il est constitué d'un sandwich de plomb et de plexi-glass. La base est en plomb. Son poids total est de 18 kg.

minimum.

La Théorie, la frontière, s'appuie sur les concepts de base, les formules premières, celles d'où les autres découlent en s'altérant peu à peu, en se spécialisant. L'essentiel de la théorie, le minimum.

La Géométrie, de plein pied avec le réel, le rationnel, chasse l'inutile, le superflu, minimum de formes, équilibre, harmonie, esthétique brute, minimum.

La Technologie, extrémité inférieure de l'échelle, est essentiellement un instrument. Elle est servile et n'impose rien. Minimum de complications, minimum de risques, minimum de moyens, minimum de pièces constitutives.

Dès lors, les tests n'apparaissent plus comme une fin en soi, un outil de travail, mais comme une vérification, un contrôle ultime. Leur utilité n'est plus que démonstrative, que minimum, seulement une preuve inutile à la limite.

« La Conception Minimum » n'est pas un dogme. Ce serait en contradiction avec « l'Intention

Pure ». C'est tout au plus une direction, un guide qui affranchit des erreurs premières. Elle permet de définir grossièrement un idéal théorique esthétique. Le définir seulement, pas le réussir, ce qui serait du grand Art.

Remarque intéressante, plus le raisonnement pénètre dans le concret, plus il se simplifie, plus il se banalise. Plus il se spécialise et plus il gagne en tolérance. Ce qui a pour conséquence directe, conséquence heureuse, qu'une erreur commise à un niveau inférieur peut très bien être prise en compte par l'excellence des niveaux supérieurs. C'est ce que l'on a appelé « la Marge ». C'est tout dire du degré de qualité auquel il faut pousser les premiers niveaux et tout particulièrement « l'Intention Pure ».

Ces pensées n'étaient pas clairement énoncées à l'époque de la création du bras. Elles étaient latentes et on peut constater aujourd'hui qu'il y répond pleinement. Plus récemment, nous avons conçu, mon ami Bernard Hariton et moi-même, la platine « Minimum » en accord fidèle

avec la « Conception Minimum ». Cette réalisation repose en outre sur trois expériences vécues principales qui s'intègrent à merveille dans la « Conception Minimum ».

- 1 - Le bras pour la répartition des masses.
- 2 - Le « bloc de Zamak » pour les formes et les matériaux.
- 3 - Les balances pour le problème masse/suspension.

1 - Le bras pour la répartition des masses

On se souviendra que les problèmes d'inertie et de répartition des masses ont été particulièrement approfondis lors de la réalisation du bras (Audiophiles N° 6 et 7). Equilibrer un volume quelconque de telle sorte que son ellipsoïde d'inertie soit de révolution et de plus centré sur son point d'articulation, le met à l'abri d'un grand nombre de phénomènes dynamiques et vibratoires néfastes. Partant de là, il était tout indiqué de concevoir une platine sur les mêmes bases.



Fig. 2 : La platine sans son plateau. On notera à la base de l'axe la cuvette recevant un lubrifiant amortissant.

2 - Le « bloc de Zamak » pour les formes et les matériaux

On sait maintenant que les « formes en cloche » sont une tare majeure des plateaux commerciaux, mais il est bon de rapporter l'expérience suivante : il m'est arrivé de disposer d'un bloc de Zamak (alliage d'aluminium et de zinc très utilisé en moulage sous pression ; la plupart des plateaux commerciaux sont en Zamak) d'un diamètre d'environ 100 mm et d'une hauteur de 60 mm. L'une de ses faces comportait une gorge circulaire de la grosseur d'un crayon à environ 10 mm du bord. Ce bloc posé sur une pièce de monnaie et frappé avec un objet quelconque sonnait très mat, très « plein », sans coloration, mais immédiatement après le choc on pouvait entendre une longue composante aiguë. Phénomène qui disparaissait totalement avec un simple morceau de pâte à modeler coincé dans la rainure.

Dire maintenant qu'un plateau tourne-disque doit être

plein, massif, sans la moindre amorce de cloche et en matériau « non sonnante », n'est plus qu'une évidence.

3 - Les balances pour le problème masse/suspension

Platine lourde ou platine légère ? Suspension ou pas ?

Il est assez clair maintenant que la qualité d'une table de lecture dépend en partie de sa masse. Ceci en contradiction totale avec les platines légères, forcément suspendues, heureusement, et commerciales, tant pis. Sur ce problème il est intéressant de faire un parallèle avec le phénomène de la pesée en chimie, opération extrêmement sérieuse, précise et habituelle, on devine aisément pourquoi. Dans les laboratoires des plus grandes compagnies chimiques et métallurgiques existent des chambres spécialement aménagées pour la pesée et les balances : fondations particulières du bâtiment, régulation de l'air ambiant en température et humidité, etc.

Ici, le dixième de milligramme

du laboratoire d'analyses médicales d'en face est comme le centimètre en mécanique horlogère.

La lecture optique, après grossissement, est projetée sur un petit écran dépoli à l'avant de l'appareil. De telles balances sont, comme nos platines, très délicates sur le plan des vibrations parasites et, comme elles, posées sur des tables. Une table à balance, une table sismographique, est avant toute chose lourde. C'est une terre virtuelle.

Et là, il n'est plus question d'entendre ou de ne pas entendre. Si l'échelle optique est stable, si elle tremble, si elle oscille constamment, si elle vibre, *on le voit*. Or, les balanciers sont unanimes : seule la masse permet de s'affranchir des vibrations. Ces vibrations qui faussent leurs mesures, ces mêmes vibrations qui ternissent notre plaisir.

Il ne sert à rien d'installer une table de lecture, même lourde, sur n'importe quelle table support. La masse doit être appliquée à la platine mais aussi à son support. Un plateau léger, non neutre, doit être isolé par rap-

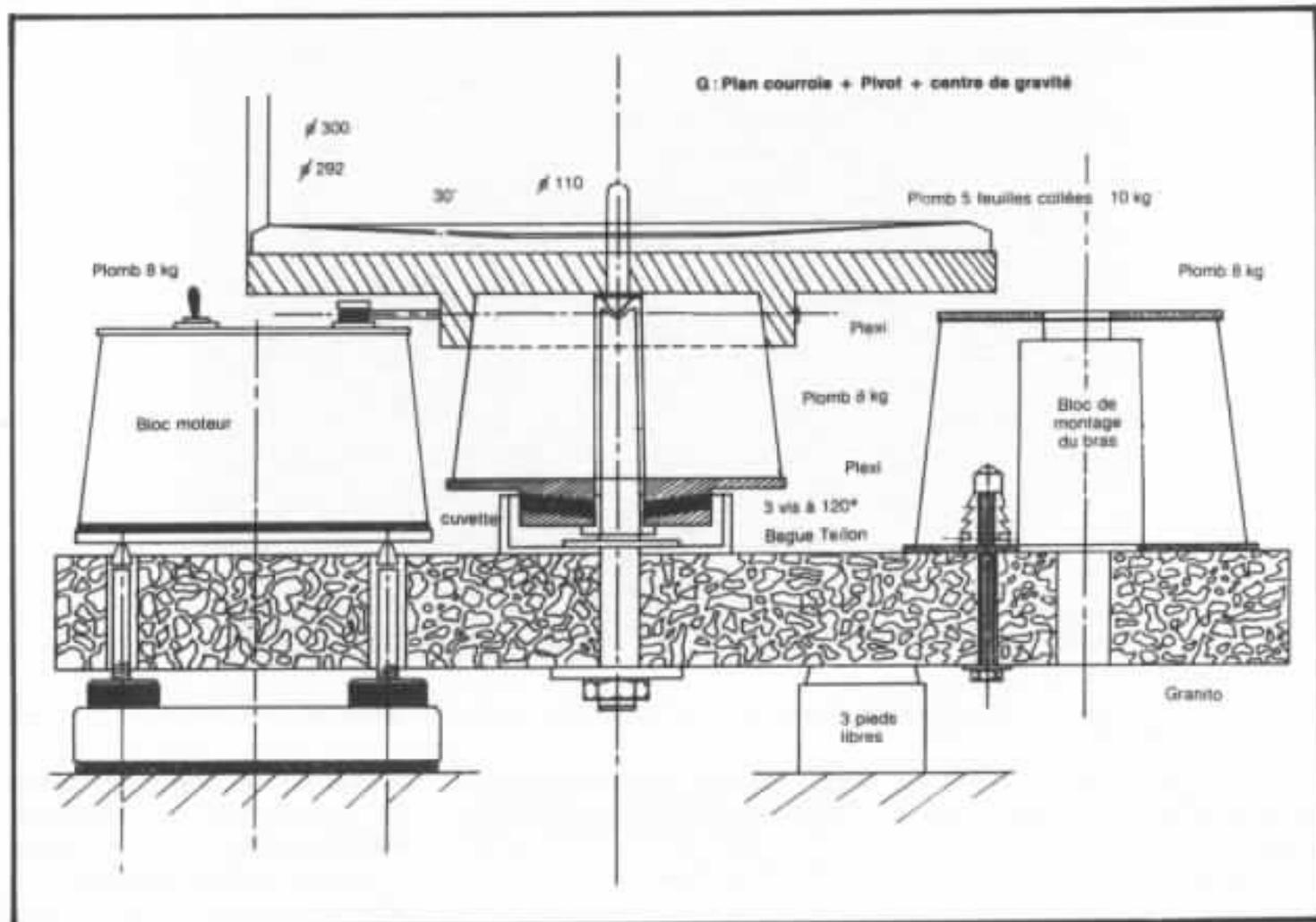


Fig. 3 : Vue en coupe de la platine. On notera la fixation du moteur qui repose sur trois pieds et ainsi désolidarisée de la base en « granito ».

port à l'extérieur. La platine est donc suspendue mais par là même évacue mal ses propres vibrations. A l'inverse, un plateau lourd et acoustiquement neutre a tout intérêt à être couplé au maximum avec un support massif et également neutre, afin que les vibrations issues de la lecture puissent s'échapper. Une limite peut être visualisée par un disque collé sur un plateau en plomb dont l'axe serait planté sur un socle infiniment lourd en plomb. On voit bien l'opposition radicale des comportements des deux options.

LA PLATINE MINIMUM

La Platine Minimum pèse 60 Kg et ne comporte qu'une quantité irréductible de pièces fondamentales, une dizaine.

Le « Bloc Moteur » de 8 Kg,

en plomb (très certainement le meilleur des matériaux simples vis-à-vis de l'absorption des vibrations), traverse le socle en composé de marbre (granito), sans le toucher. Il est totalement indépendant.

Le bras de lecture est monté sur un « bloc lecteur » de même masse, en plomb également, solidaire du marbre.

Le plateau de 20 Kg est plein, massif, sans la plus petite amorce de « cloche » (collerette, dégagement, rainure ou autre). Il possède une empreinte particulière sur le dessus pour une liaison plateau/disque optimum déterminée en fonction de relevés statistiques sur les profils des disques. Un palet presseur lourd est utilisé (palet presseur lourd pour les platines lourdes, palet à pince pour les légères - problème de masse certes, mais aussi de

vibrations).

Le couvre-plateau fait partie intégrante du plateau. Il est constitué de cinq feuilles de plomb de 2 mm d'épaisseur chacune, collées. Ce feuilleté est lui-même collé sur le plateau de plexiglass. Sur le plan de l'absorption des vibrations parasites, le mariage de matériaux très différents et feuilletés donne souvent d'excellents résultats.

La masse du plateau n'est pas concentrée en périphérie dans le but d'augmenter l'inertie. D'abord pour éviter une forme en « cloche » comme on l'a dit plus haut, et principalement pour rechercher une homogénéité. C'est-à-dire que de la première à la dernière spire, le disque repose sur les mêmes épaisseurs des mêmes matériaux. Homogénéité des matériaux, homogénéité de lecture.

L'inertie n'est donc pas maximum mais il faut bien comprendre que la masse des plateaux lourds les met à l'abri du problème d'inertie. Celle-ci atteint déjà dans notre cas la valeur énorme de 1,5 tonnes/cm². Le problème est dans le fond des choses plus complexe, mais on peut dire cependant qu'à partir du moment où les caractéristiques de vitesses sont sauvegardées, il est plus « sain » de travailler, de jouer sur un autre tableau que de chercher obstinément à les améliorer encore.

Les dimensions du plateau sont calculées en fonction de la vitesse du son dans les différents matériaux, de telle sorte que les vibrations issues de la lecture même aient leurs retards étagés régulièrement dans le temps, le pire étant le cumul des retards au même temps *t* (phénomène similaire à l'application du nombre d'or en architecture).

Le plateau repose sur un unipivot conico-sphérique de petites dimensions. Mâle et femelle sont en acier trempé et poli. Les 20 Kg du plateau s'appliquent

entièrement en ce point, la pression est importante mais encore plus de trois fois trop faible pour détruire les surfaces en contact. L'usure, qui conditionne le bruit, est nulle depuis un an.

Le pivot est dans le plan de travail de la courroie et le tout au voisinage immédiat du centre de gravité du plateau. Répartition des masses, équilibrage indifférent et écoulement des vibrations.

Un petit palier en téflon guide le plateau en sa partie basse et trois vis de réglage à 120° permettent d'ajuster la friction sur l'axe et « l'assiette » de l'ensemble. Cette partie basse est noyée dans une cuvette emplies de lubrifiant amortissant.

La courroie n'engrène pas à la périphérie du plateau mais sur un contre-plateau plus petit pour éviter un « effet de bride » de l'inertie du plateau qui a pour conséquence des écarts de vitesse plus faibles certes, mais brusques et mal tolérés par l'oreille. Toutes proportions gardées, il est préférable d'avoir des écarts

doubles mais « coulés » que simples et brusques.

Les pieds de découplage élastique sont libres. Leur position sous le socle doit être recherchée selon le cas de figure. J'attire à nouveau l'attention sur le fait que la platine ne peut et ne doit pas être posée sur n'importe quelle table support. Les guéridons, les petites tables, les étagères, les planchers légers sont à bannir au risque d'obtenir des résultats médiocres. La table support fait partie de la platine un peu comme la pièce avec les enceintes acoustiques. L'heureux possesseur d'une table sismographique, ou table à balance, supprimera purement et simplement les pieds et posera la platine directement sur la table.

Actuellement, il n'existe pas encore de capot. De « vrai » capot, devrais-je dire, car ce ne sont pas les habituelles feuilles de cigarettes thermoformées qui peuvent protéger efficacement des phénomènes de transmission par l'air.

Mis à part une paire de maquettes (juin 79), trois pro-



Fig. 4 : La platine vue de dessus. On remarquera la répartition des différentes masses.

totypes identiques ont été construits par souci de reproductibilité avant les modèles définitifs. Je ne parlerai pas des résultats d'écoute et vous renvoie pour ceux-ci à M. Roland Schnebelen, que tout le monde connaît, et qui

a suivi toutes les étapes de la réalisation.

Mon ami Guy Marec, bien connu à L'Audiophile, réalise actuellement une réplique de la platine Minimum dont le marbre est remplacé par un feuilleté

plomb/plexiglass collé à l'image du plateau. Cette platine sera posée dans un bac à sable (hommage à Gilles Milot - Audiophile n° 15). Une feuille de plexiglass de 20 mm pour le capot refermera la boucle. Il sera intéres-

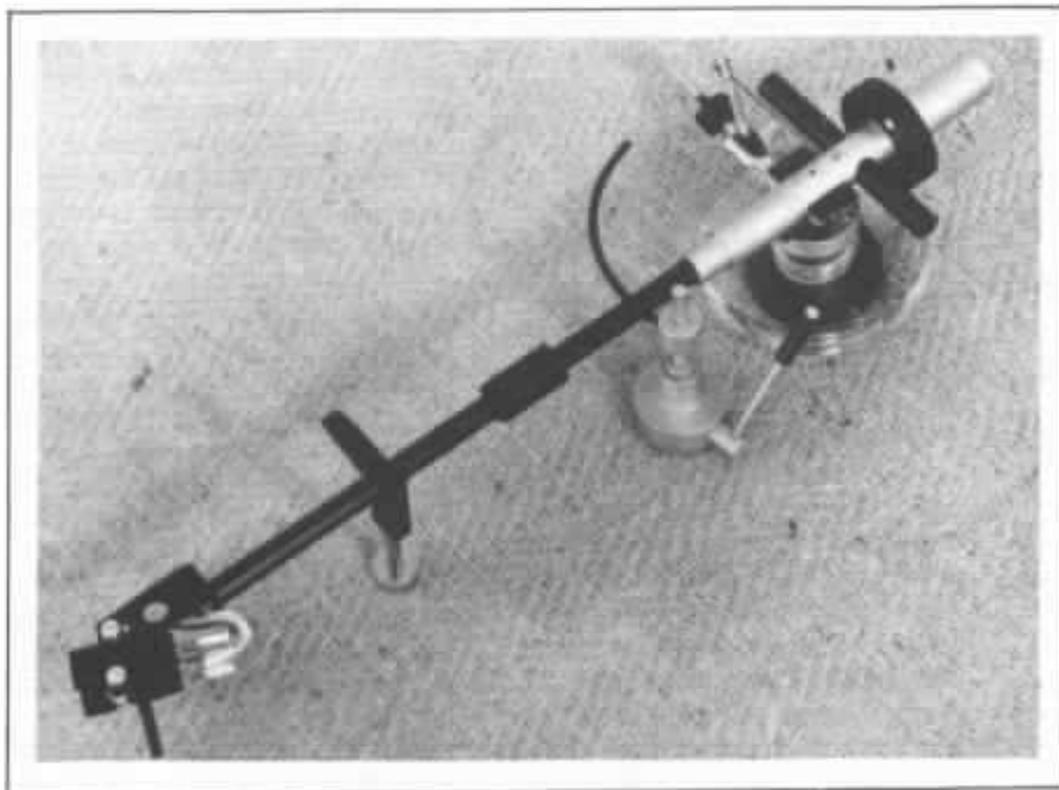


Fig. 5 : Le bras Lurné avec ses dernières améliorations.

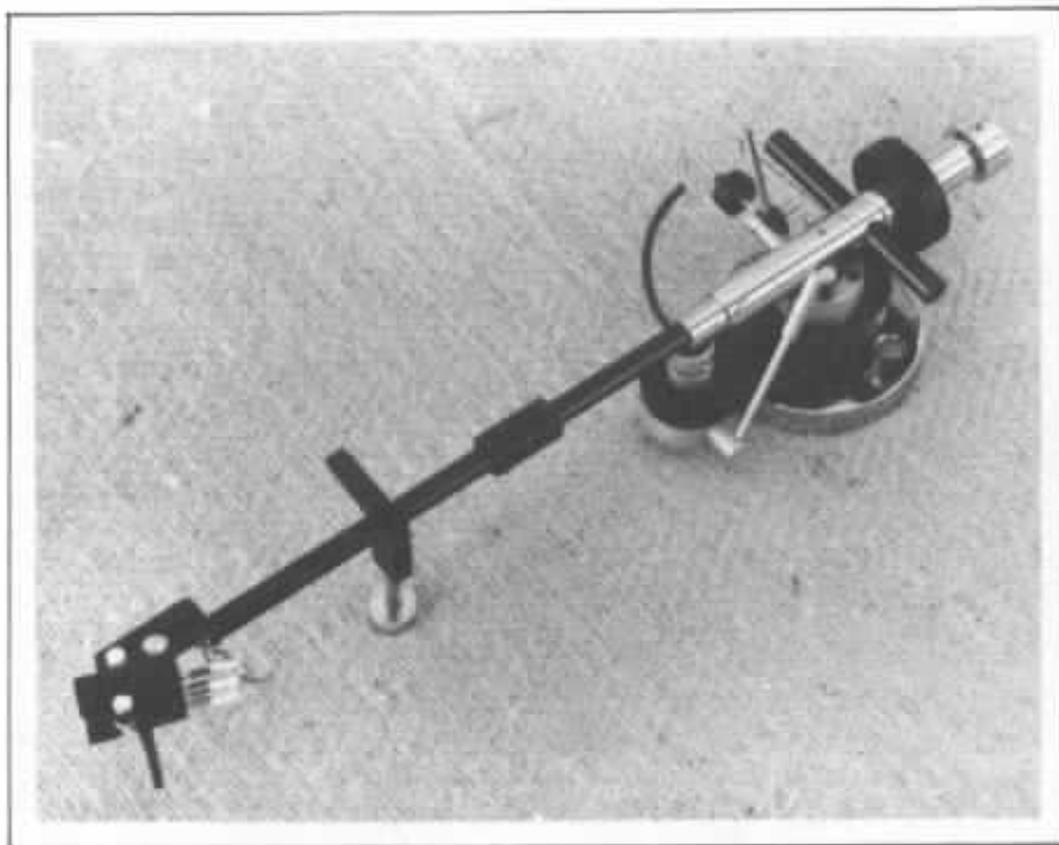


Fig. 6 : Le nouveau modèle II simplifié.

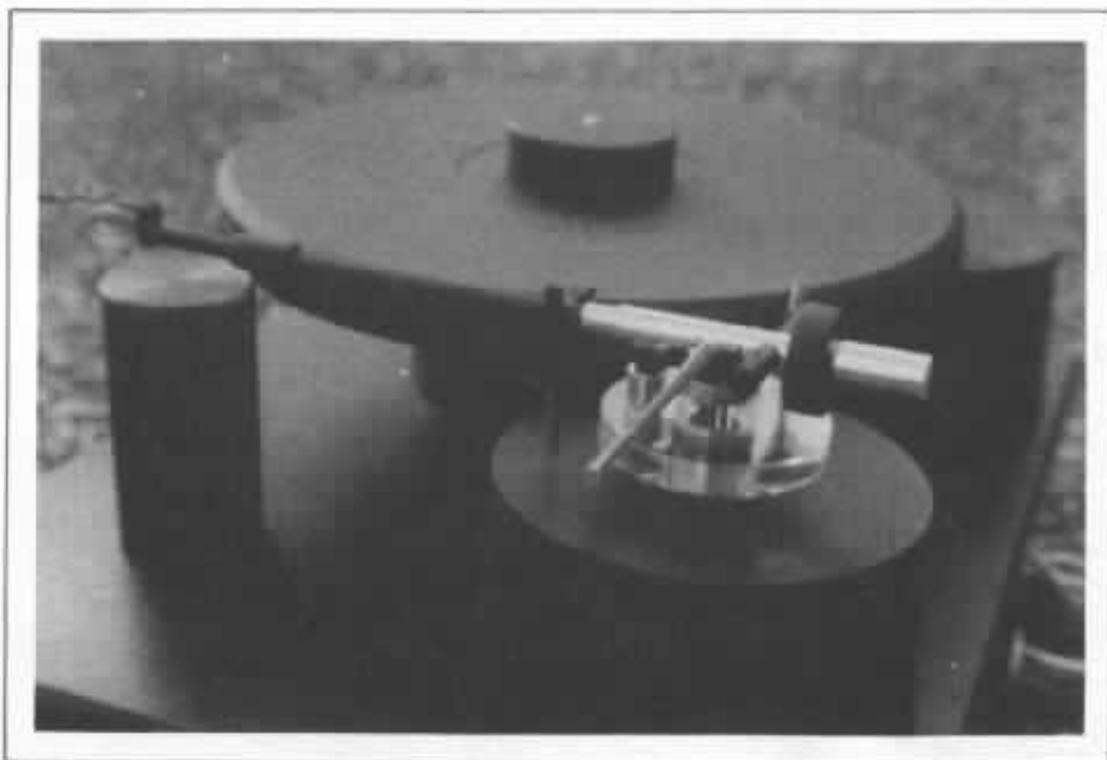


Fig. 7 : Table de lecture Minimum, vue de l'ensemble.

sant de rapprocher les qualités de ce modèle géant de son caractère anti-commercial.

LE BRAS DE LECTURE LURNE

Mise à jour

Le bras est aujourd'hui fabriqué en petites séries à la société Audioméca, Escots, 65130 Capvern les Bains, tél. (62) 99.55.73 et 39.05.73. J'y assure personnellement le montage et le réglage de chaque bras.

Depuis les articles des *Audiophiles* n° 6 et 7, il y a deux ans, le modèle a bien entendu évolué. Il est dorénavant équipé des améliorations suivantes :

- 1 - coquille rigide anodisée noire,
- 2 - pivot sur pointe d'horlogerie,
- 3 - augmentation de masse du corps central : meilleur temps de réponse dynamique (voir *Audiophile* n° 6). Influence négligeable sur la masse effective (trop près des pivotements),
- 4 - contrepoids latéral simplifié anti-vibratoire,
- 5 - embase de montage lourde,
- 6 - repose-bras séparé,
- 7 - lève-bras séparé,
- 8 - finition sablée chromée blanc et chromée noir,
- 9 - tous contacts dorés 24 cts,
- 10 - cordon fourni et monté. Silver câble Mark Levinson,

11 - nouveau liquide amortisseur aux silicones, stable dans le temps et en température.

Une version simplifiée du bras sera bientôt disponible à un prix plus « démocratique ». Les différences avec le modèle 1 sont relativement nombreuses mais elles ont été voulues peu sensibles ou d'ordre secondaire : câblage, tube, poids de l'embase, esthétique, etc. La précision de l'ellipsoïde d'inertie ainsi que celle de la position géométrique du pivot ont également été simplifiées. Ceci a permis de baisser le temps de montage à 1 H 30, contre 4 H pour le modèle 1, et par conséquent le prix de vente.



**Page non
disponible**

Réalisation d'un bras de lecture

2ème partie

Charles-Henry Delaleu

Dans le n° 17, nous avons étudié la théorie d'approche pour la réalisation d'un bras de lecture. Nous décrivons ici les différentes pièces confectionnant le bras. Dans un prochain article, nous aborderons les mesures et nous présenterons l'utilisation d'un rayon laser permettant de déceler et d'observer les micro-vibrations se propageant sur des tubes de divers bras, ainsi que les réactions dynamiques de ceux-ci lors de leur fonctionnement.

De nombreux essais récemment effectués démontrent avec certitude que les qualités d'un bras de lecture et d'une platine tourne-disque sont beaucoup plus importantes que celles auxquelles un audiophile pouvait penser il n'y a que cinq ans. Ces dernières années, les concepteurs de matériel électro-acoustique se divisaient en deux familles : les chercheurs du millième de pour-cent du taux de distorsion et les amoureux de musique plus « penchés » sur l'écoute que sur le distorsiomètre. Aujourd'hui, tout audiophile sait que deux amplificateurs ayant des principes de base identiques, peuvent, lors de leur réalisation, sonner différemment.

En 1980, l'audiophile perfectionniste écoute les câbles, les résistances, les condensateurs, mais aussi les tubes de bras, les pivots, les contre-poids découpés, les coquilles rigides, etc.

De nombreuses petites astuces effectuées lors de la réalisation d'un bras peuvent amener une qualité d'écoute supérieure.

La coquille

Cette pièce fut l'une des parties du bras la plus difficile à effectuer. En effet, mouler une pièce de cette forme semblait facile, mais, lors de la réalisation des prototypes, il fut pratiquement impossible de sortir du moule une pièce correcte. Cet inconvénient fut finalement

bénéfique, car il permit d'augmenter légèrement les nervures et de déplacer les injecteurs de fonderie. Ainsi, sans prendre de masse, la coquille put encore être rigidifiée.

Sur cette pièce, vient se fixer une cosse de masse sur laquelle il convient de relier la masse de la cellule. De plus, une vis est pla-

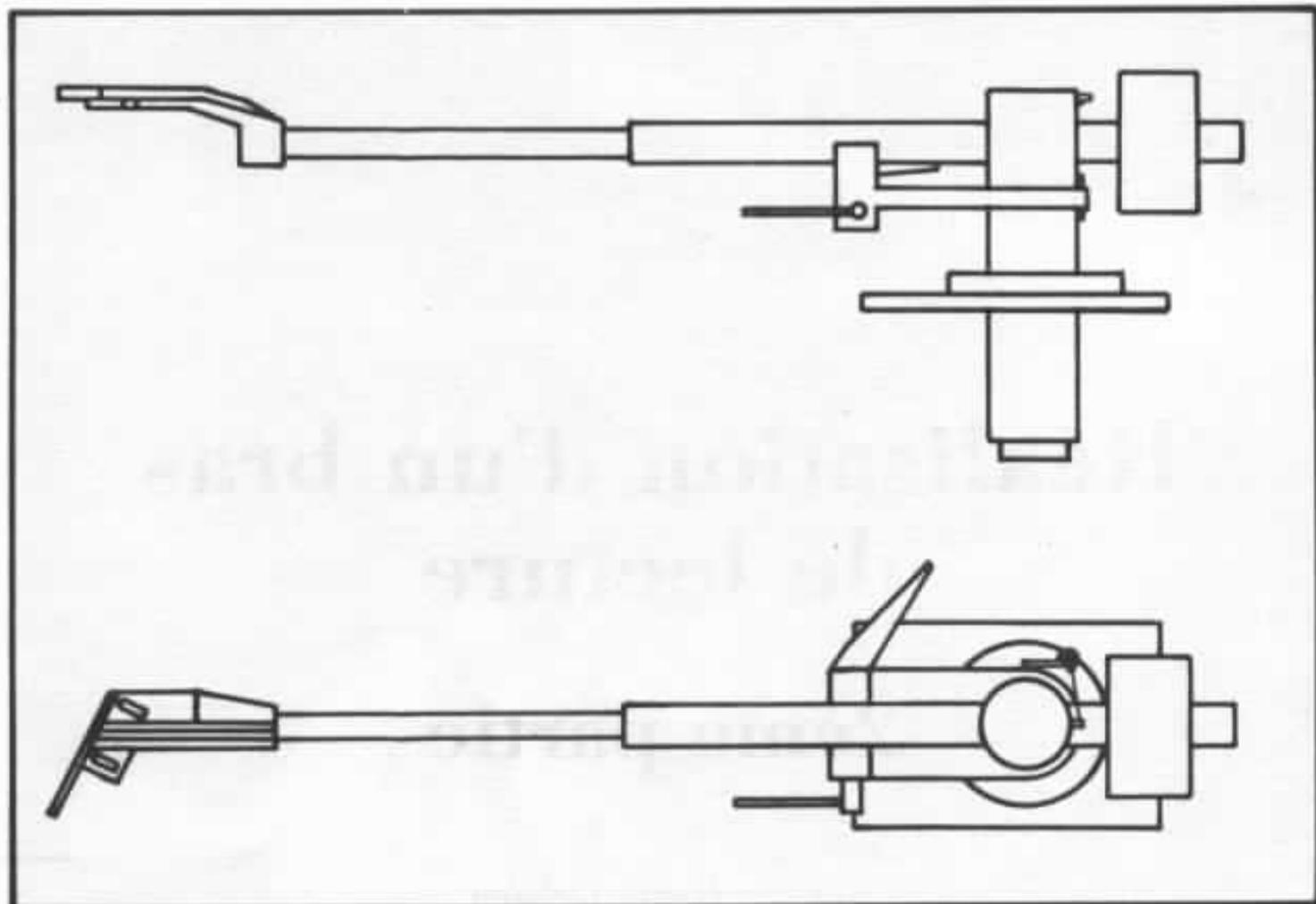


Fig.1 : Bras vu de profil et vu de dessus.

cée en bas, du côté gauche, afin de pouvoir effectuer un azimutage de l'ensemble coquille-cellule, permettant une meilleure séparation des canaux gauche et droit. En outre, il est possible de posséder plusieurs coquilles, ce qui autorise le changement instantané de cellule.

Le bras

Comme nous l'avons vu, le bras est composé de trois tubes en duralumin, qui sont rectifiés afin de pouvoir être montés axialement. Une légère couche d'époxy est déposée entre chaque tube. L'étape délicate concerne la gaine thermo-rétractable, qui doit être placée à la périphérie du bras. Le temps de chauffage et la durée du traitement sont critiques, car le PVC doit adhérer parfaitement au dural, mais ne pas être cassant.

Le pivot vertical

Le pivot vertical est réalisé en stub. Ce stub subit un traitement thermique qui permet d'obtenir une rigidité exceptionnelle ; il est ensuite rectifié. Cette opération est très importante, car elle influe sur la lisibilité du bras de lecture. Le pivot est prisonnier entre deux roulements à pivot conique, qui subissent une pression mécanique afin d'éviter tout jeu mécanique. Le montage pivot-roulements est effectué dans un bain d'huile. Cette lubrification se traduit par une amélioration très nette dans le haut-médium. Tous les bras sont montés à sec, ce qui est une erreur. En effet, toute pièce mécanique subissant un déplacement nécessite une lubrification.

Le pivot horizontal

L'axe horizontal du bras a été

modifié, depuis le premier prototype. Les deux roulements à billes étaient séparés par une cale fixée entre les bagues internes des roulements. Dans le second prototype et la première série, la cale est placée entre les bagues externes. Le couple élastique se fait dans ce cas entre les bagues internes, ce qui permet un réglage moins critique.

Le câblage électrique

Le câblage électrique a subi de grandes modifications. Les câbles placés à l'intérieur du bras, qui étaient en fil de litz dans le premier prototype, ont été remplacés par des câbles dont l'âme est recouverte d'argent pur et dont la gaine est en téflon. Ce câble, mis au point pour l'industrie spatiale, possède des qualités électriques et mécaniques tout à fait exceptionnelles. Le câble

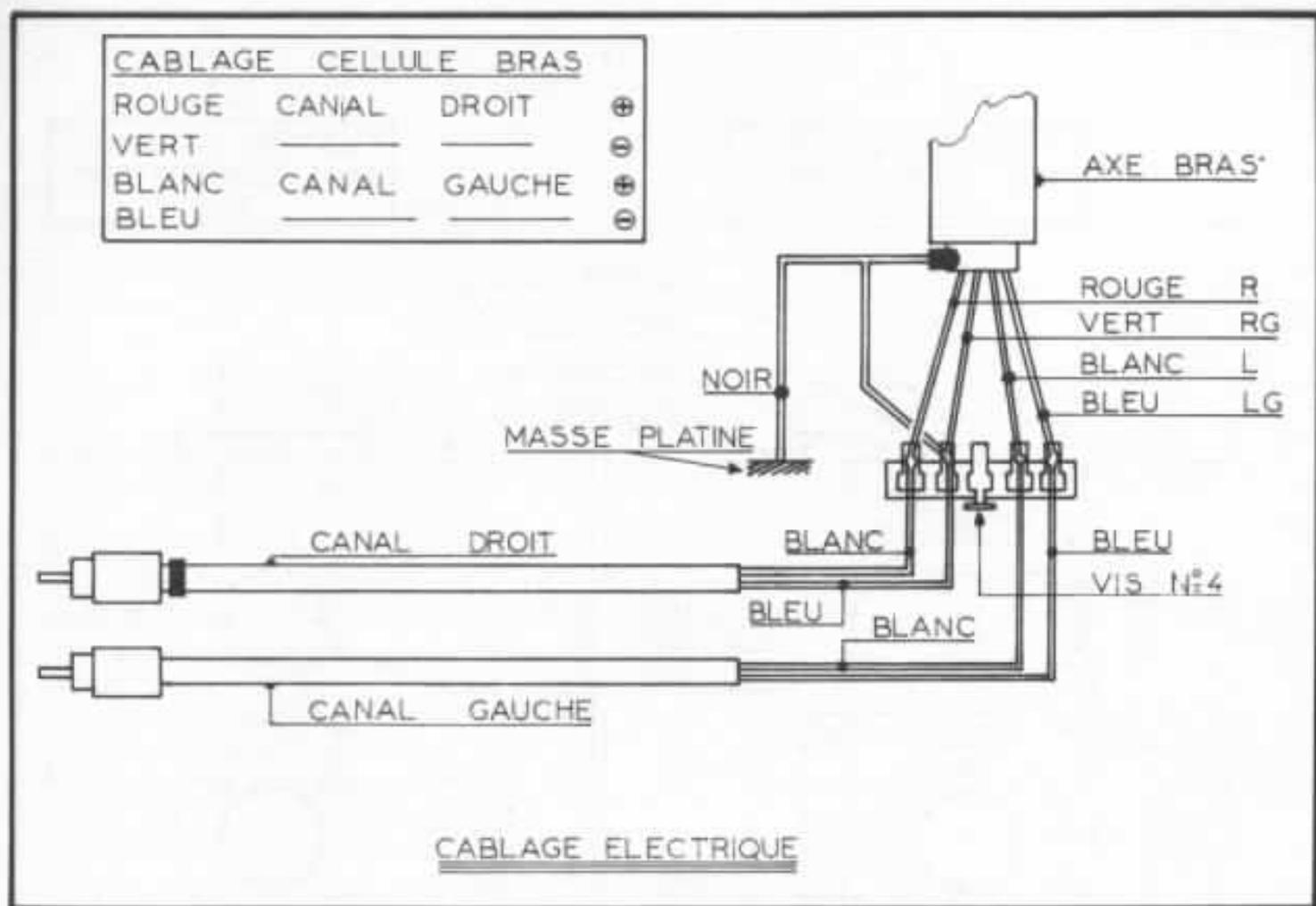


Fig. 2 : Synoptique du câblage électrique.

FMT reliant le bras au préamplificateur peut être changé en option par un câble possédant lui aussi une âme recouverte d'argent et une gaine en téflon. Toutefois, ce câble blindé n'est pas réalisé avec une gaine classique à fuseaux croisés de fils de cuivre.

Dans ce cas, le blindage est de type hélicoïdal. La tresse est remplacée par une série de fils enroulés en spires jointives autour de la ligne à protéger. Ceci permet un recouvrement total, alors que le procédé classique par tresse ne permet d'en obtenir qu'un de 80 % maximum. Ce câble est peu sensible à la variation de capacité au cours des déformations (environ 2 à 3 fois moins qu'une tresse classique). De par leur grande efficacité de blindage, les câbles de type hélicoïdal sont particulière-

ment conseillés pour transmettre des signaux à bas niveau.

Installation

Le bras est livré avec deux supports (A et B). Le support A permet un montage sur une plaque non découpée. Utiliser le gabarit pour vérifier que la distance des trous de fixation à l'axe du plateau est correcte. Si la platine est déjà prête pour une installation du type SME, le support A vient se placer sur le support B, qui s'adapte directement sur les perçages de fixation existants. Dans ce cas, il convient de se servir du support A, qui se déplace sur le support B, pour localiser le bras grâce au gabarit. Le gabarit est conçu pour vous aider à positionner le bras. Le petit cercle correspond à l'axe du plateau, le grand cercle à l'axe vertical du bras.

Réglage du bras

La hauteur du bras se règle en desserrant la vis six pans creux sur le support A. Il est généralement conseillé d'avoir le plateau de la platine tourne-disque parallèle au tube du bras. Il est à noter qu'afin d'améliorer le comportement dynamique du bras, l'axe horizontal du bras est fortement rapproché de l'axe du stylet porte-pointe.

Anti-skating

Le réglage de la force de poussée latérale est toujours très délicat. La meilleure solution semble être l'écoute de l'installation avec différentes forces d'appui, veillant à l'équilibre entre les deux canaux ainsi qu'à la localisation des signaux dans l'espace, tant en largeur qu'en profondeur. Choisir l'un des trois poids fournis dans le sachet transpa-

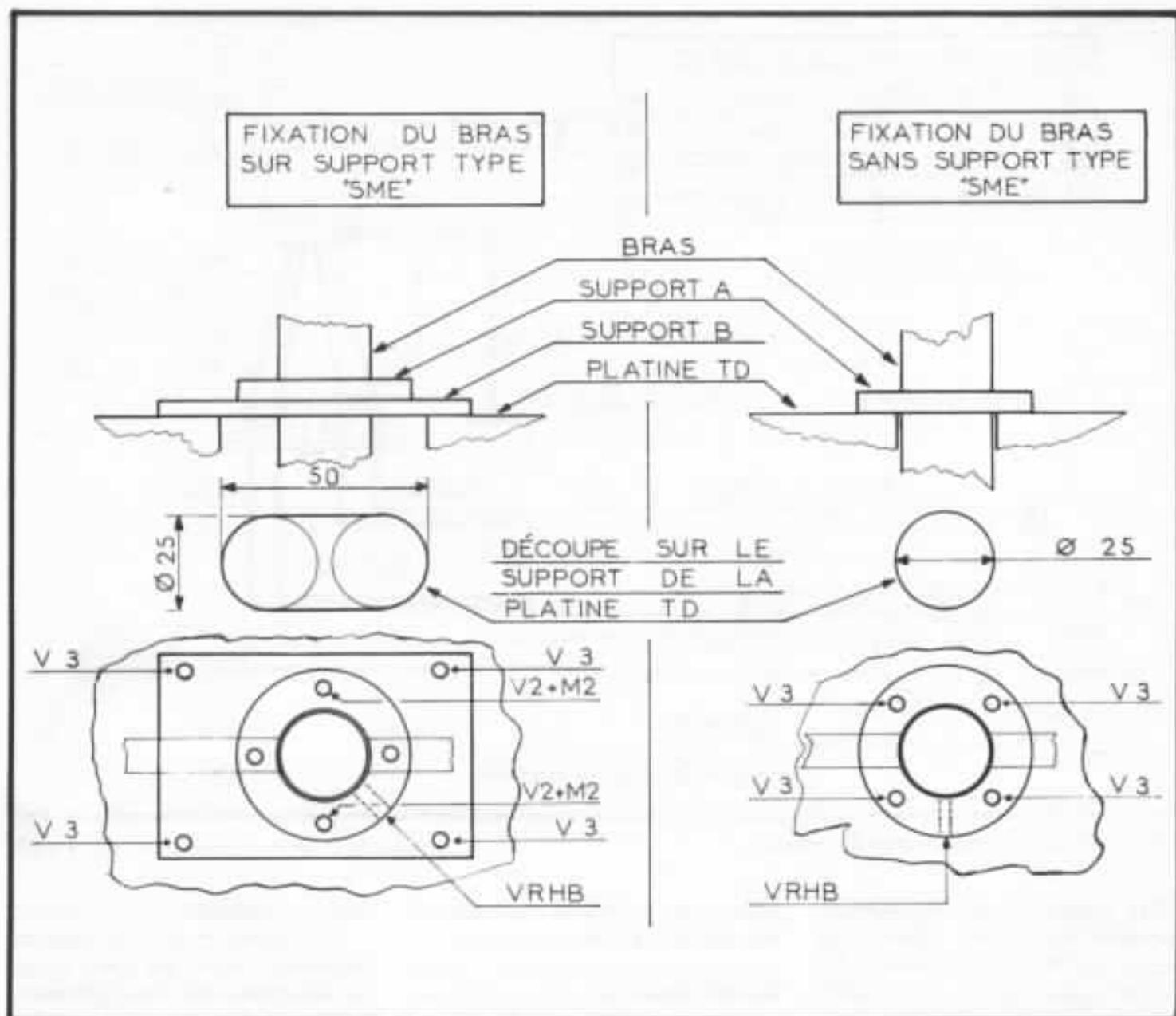


Fig. 3 : Modes de fixation du bras.

rent, contenant un petit tournevis et une clef Allen.

Force d'appui

Il est préférable d'ajuster la force d'appui verticale au maximum de la tolérance du fabricant. Attention ! Certaines cellules à bobine mobile récentes demandent une force supérieure aux limites déterminées par le fabricant.

Montage de la cellule

La cellule devra être fixée fermement sur la coquille avec les vis de diamètre 2,5 mm.

Angle d'offset - Overhang

Le réglage de l'overhang se fait avec le gabarit N° 1, celui de l'angle d'offset avec le gabarit N° 2.

Un rattrapage de jeu peut se faire soit en déplaçant le support A sur le support B dans le cas d'un montage type SME, soit en déplaçant la coquille sur le tube du bras.

Réglage de la coquille

Une vis placée sur le côté de la coquille permet de régler l'horizontalité de la cellule par rapport au disque.

Contre-poids

La première série de bras fabriquée est livrée avec quatre contre-poids, dont deux sont découplés. De très nombreux essais effectués ces dernières semaines permettront de supprimer les deux contre-poids non découplés pour les prochaines fabrications. En effet, les contre-poids non découplés s'avèrent dans tous les cas nettement meilleurs. Par contre, l'élasticité du découplage est très critique. Si celui-ci est trop important, toute la musicalité gagnée se retire. Le découplage du contre-poids amé-

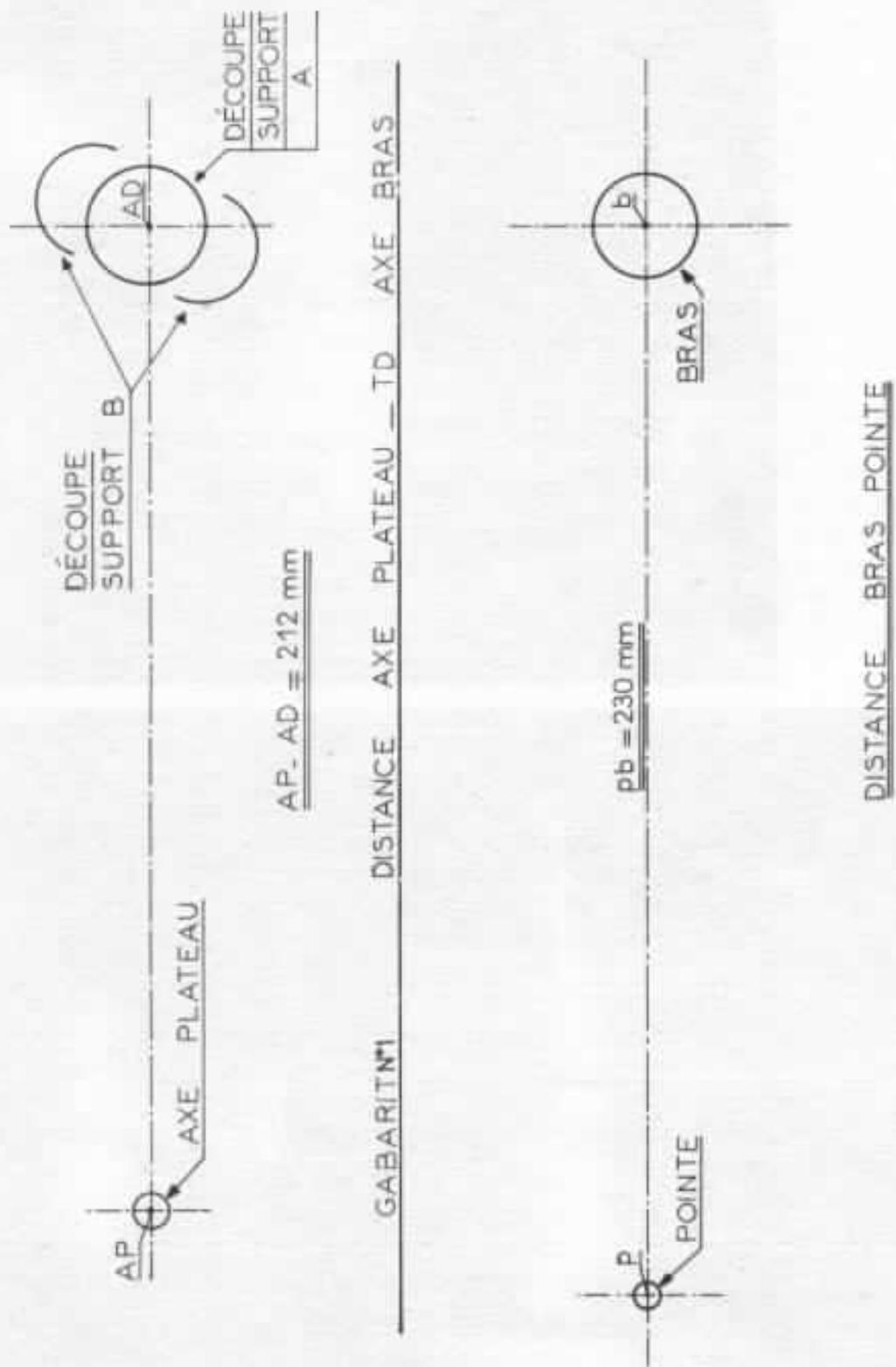
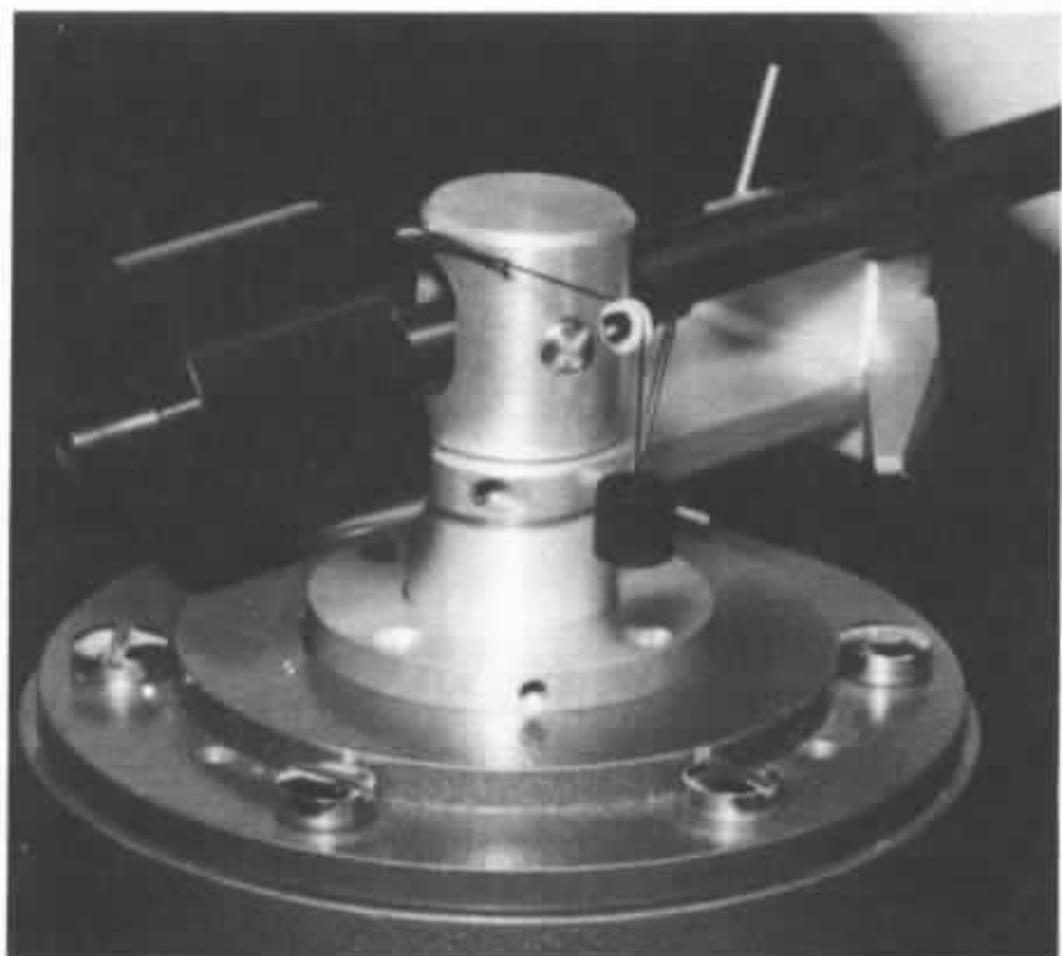


Fig. 4 : Gabarit de perçage.



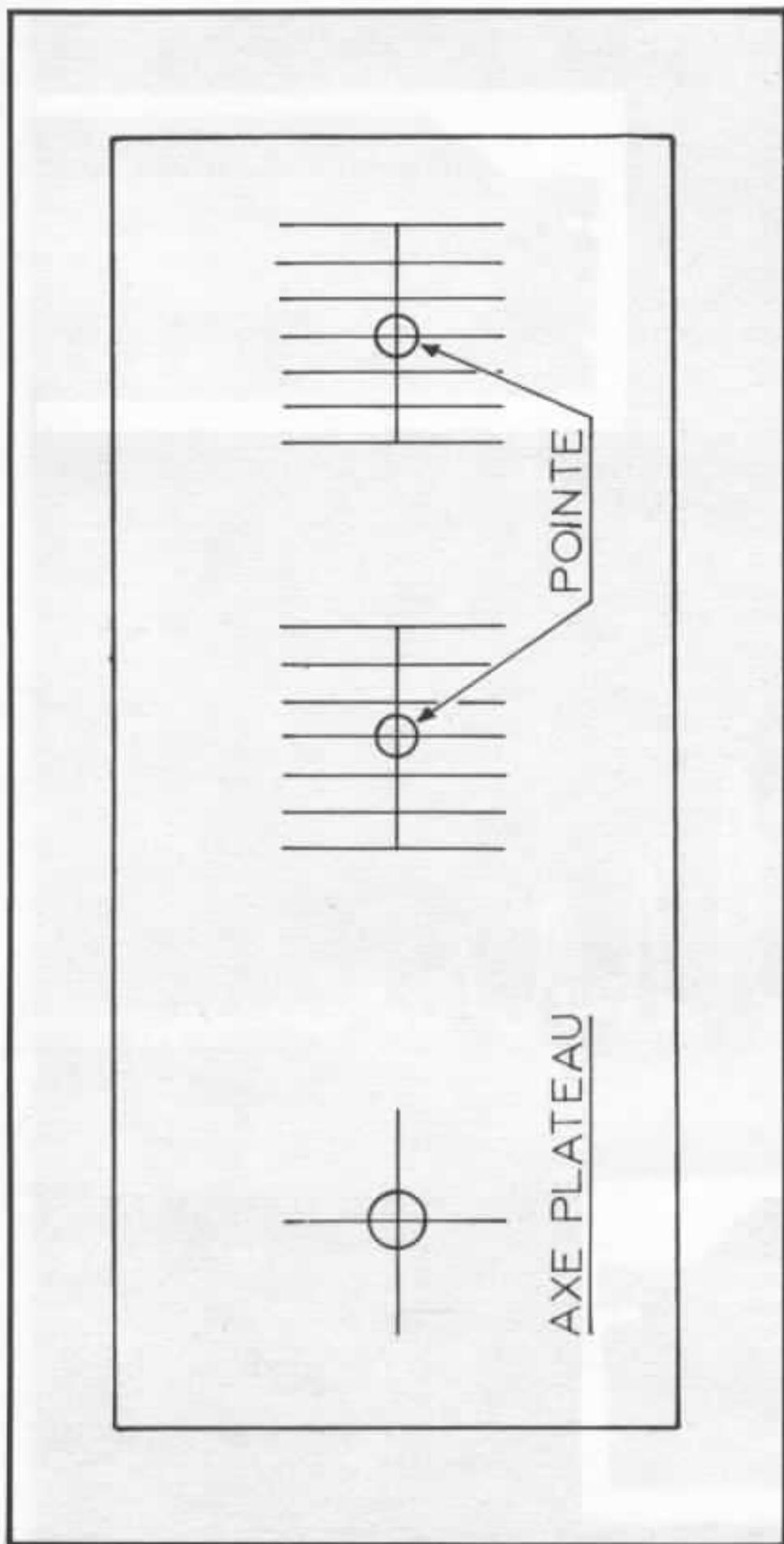


Fig. 5 : Réglage de l'angle d'offset.

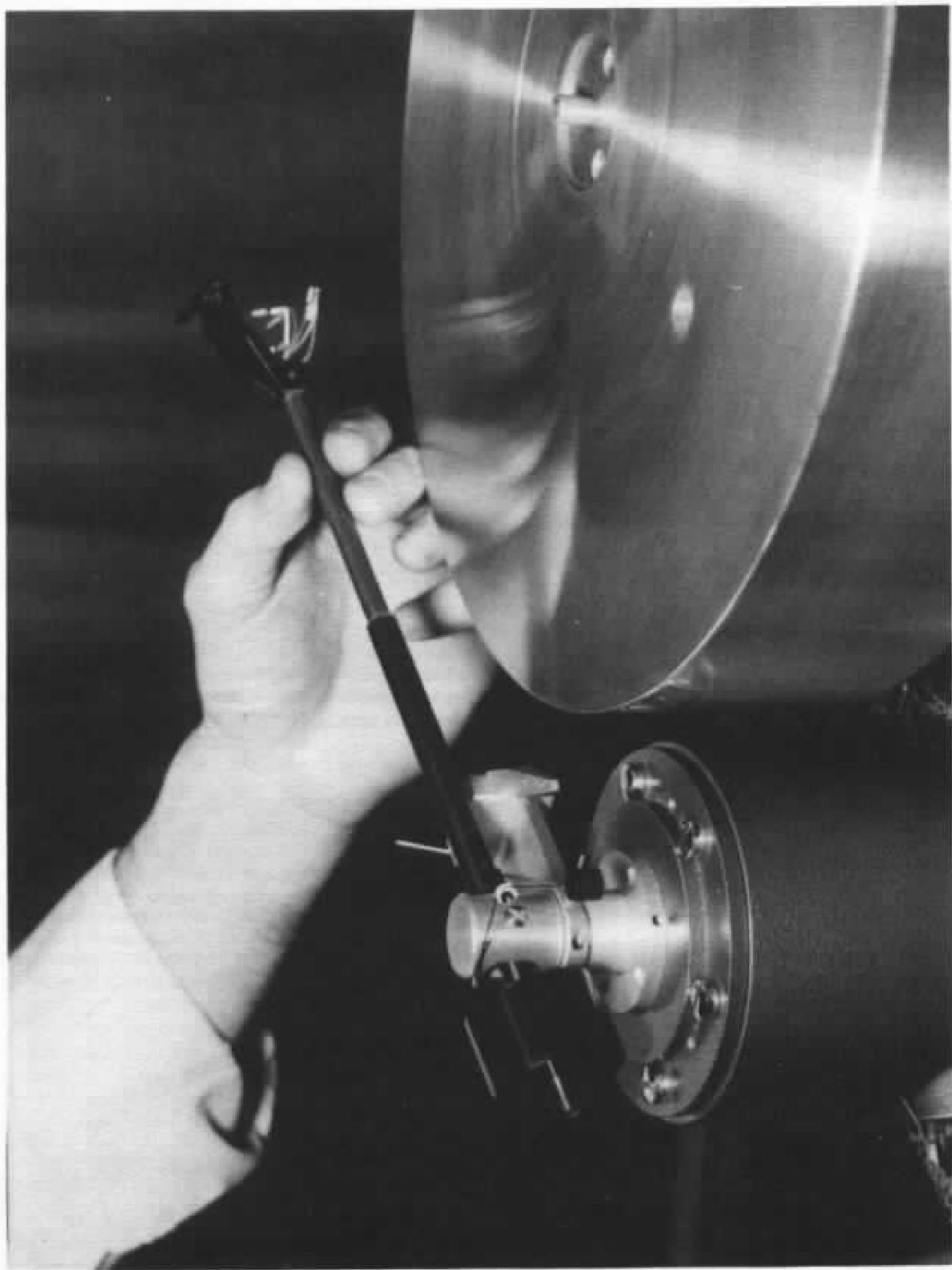
liore très nettement la lisibilité du bras de lecture, tout le spectre sonore est largement dégraissé. Ceci procure une qualité d'écoute peu soupçonnée et devrait pousser les audiophiles perfectionnistes à essayer ce système sur leur propre bras, si cela n'est pas encore fait. L'élasticité optimum pourra être facilement trouvée à l'écoute, pour les personnes ne possédant pas de banc de mesures.

Ce bras est beaucoup plus qu'un accessoire, de part sa haute technologie et de part la richesse des matériaux employés. Il vous aidera à redécouvrir vos disques.

Votre système d'écoute sera plus précis et mieux défini sur tout le spectre. L'image sonore sera, elle aussi, beaucoup améliorée (plus définie, plus dynamique, plus aérée, plus ponctuelle).

Ce bras fait l'objet d'une réalisation de l'Audiophile. Il est désormais disponible.

Σ



Le NAD 3020

Un remarquable compromis

Gérard Chrétien

Il est bien rare de rencontrer un préampli-ampli intégré de « bas de gamme », qui ne dépasse guère les 1 000 F et qui puisse tenir la comparaison avec les meilleures réalisations du moment, sans aucune considération de prix. Le NAD 3020 réussit pourtant cette performance. Il constitue sans aucun doute l'un des meilleurs compromis que nous connaissions. Aussi, méritait-il qu'on lui accorde quelques pages dans nos colonnes.

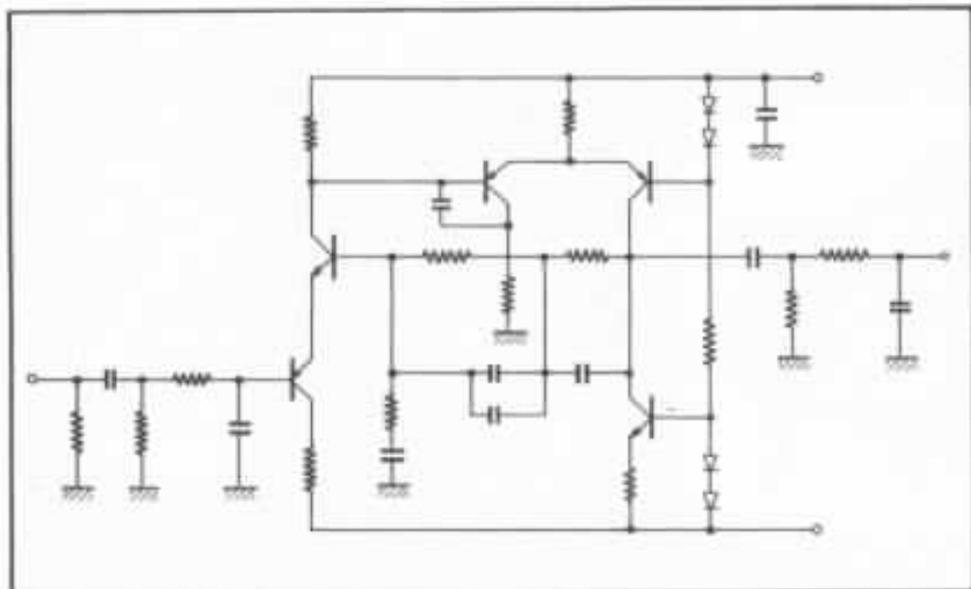
La firme NAD (New Acoustic Dimension) est internationale. Implantée en Europe depuis près de huit ans, elle a été créée à l'origine par une association de revendeurs indépendants, dont les besoins et les suggestions jouent une part importante dans le développement des nouveaux produits de la firme. NAD bénéficie en outre de facilités de production à Taiwan, pour des raisons bien évidentes de prix de revient. La philosophie NAD pourrait se résumer de la manière suivante : un bon « design » en audio ne coûte pas

plus cher qu'un « design » médiocre ! Cette devise semble être bien tenue dans le modèle 3020. Son concepteur, Bjorn Eric Edvardson, est d'origine norvégienne. Il semble avoir des idées bien précises sur la façon de répartir le budget alloué à la fabrication d'un modèle. Pas de fioritures inutiles, priorité à la qualité sonore.

La fabrication

Elle est des plus simples, coût de revient oblige. Cela ne l'empêche pas d'être ingénieuse. Un grand circuit imprimé, dont

la surface correspond à celle du châssis, déduction faite de l'aire occupée par le transformateur, regroupe toutes les fonctions : alimentation, circuit préamplificateur et circuit amplificateur. Les potentiomètres, sélecteurs et fiches entrées/sorties sont directement soudés sur celui-ci. Cette technique explique la forme particulière de la face arrière, où les différentes connexions se trouvent à l'horizontale. Cette disposition ne limite en rien la commodité, bien au contraire. Deux autres petits circuits imprimés, implantés verticalement, suppor-



Synoptique de l'étage RIAA.

tent l'alimentation régulée de la partie préamplificateur d'une part, et le circuit d'affichage par « LED » du niveau de sortie d'autre part. Bref, rien d'original jusque-là.

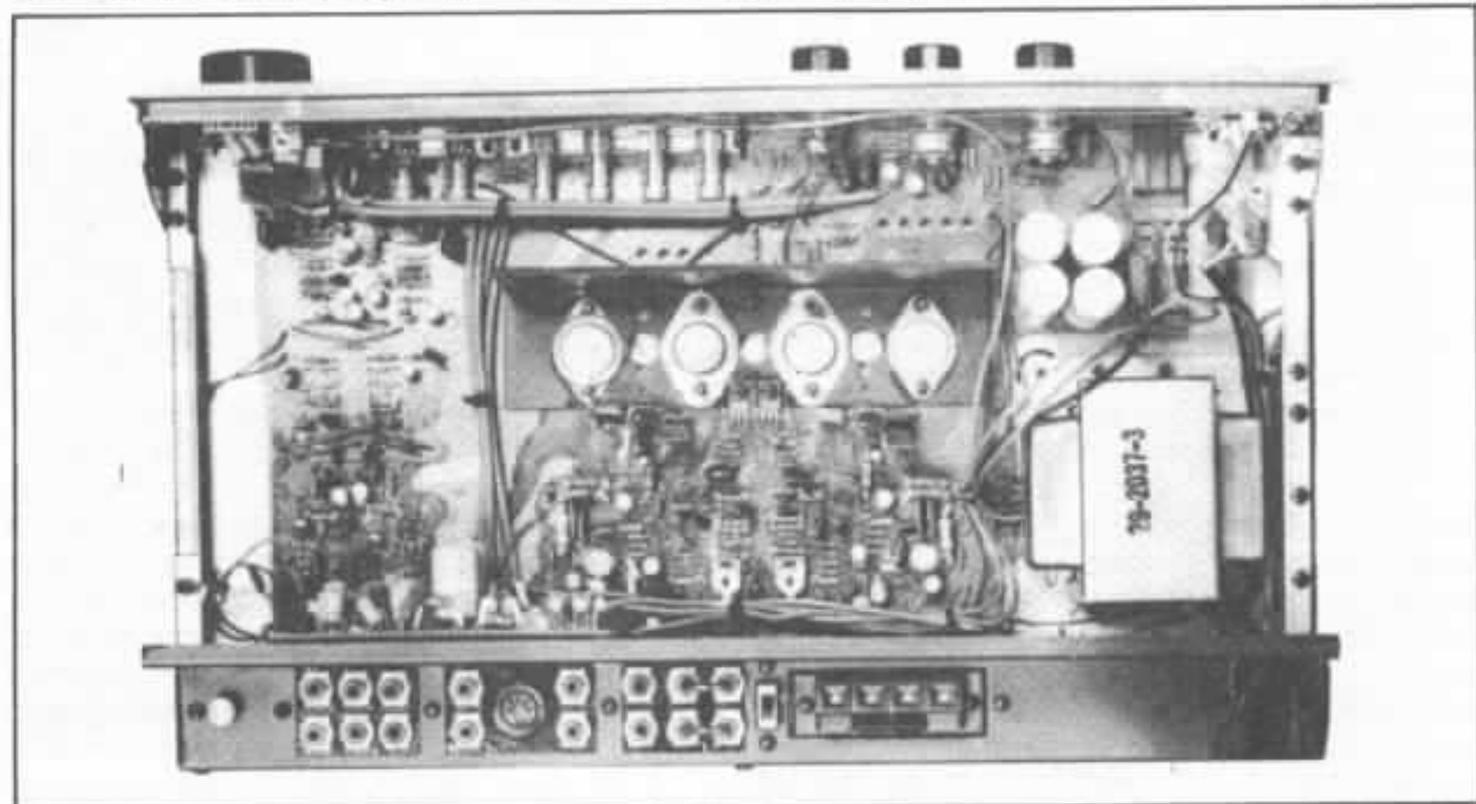
Les composants, eux non plus, n'ont rien d'exceptionnel et ne sont pas ceux que l'on pourrait rencontrer dans un Mark Levinson ou dans certains appareils

japonais de la nouvelle génération. Les résistances sont au carbone 5 % 1/4 W, à l'exception de deux d'entre elles, qui sont de type couche métallique sur les entrées phono, cela pour des raisons bien évidentes de bruit. Les condensateurs sont, suivant les valeurs, des modèles céramiques ou électrochimiques des plus standards, à l'exception de quel-

ques mylars 5 % aux endroits les plus stratégiques, tels que la correction R.I.A.A.... Les transistors sont eux aussi très courants.

On trouve en entrée une association BC 559/BC549 et en sortie les très classiques complémentaires 2N 3055/2N 2955, dont le P_{max} est très largement supérieur à la puissance demandée. Ces transistors, de conception relativement ancienne, ont des caractéristiques que l'on pourrait qualifier de très moyennes en comparaison des développements récents en matière de semi-conducteurs. Toutefois, leur qualité subjective est indéniable, avec une légère réserve cependant quant à leur « finesse » dans le haut du spectre. Ils sont fixés sur un L en aluminium, faisant office de radiateur. Le câblage ne suscite aucun commentaire puisqu'il est réduit à l'extrême, tout étant directement implanté sur le circuit imprimé.

L'utilisation de composants



Vue interne.

aussi standards offre un grand avantage, celui de la maintenance.

Le circuit

L'étage phono utilise au total cinq transistors par canal. Deux sont montés en série à l'entrée, suivis d'un étage différentiel avec régulateur de courant. La correction R.I.A.A. est appliquée par contre-réaction sur la base du second transistor, comme on peut le voir sur le schéma. La polarisation de l'étage d'entrée nécessite l'emploi d'un condensateur de liaison électrochimique de $4,7 \mu\text{F}$. Ce condensateur précède un filtre passe-bas qui élimine les parasites haute-fréquence. Vient ensuite le sélecteur de fonctions et le potentiomètre de volume. Ce dernier est suivi de l'étage ligne réalisé par trois transistors. Sur le premier est appliquée la contre-réaction venant de l'étage correcteur de tonalité. Les deux autres sont montés en push-pull. Un filtre passe-bas limite la bande passante, vraisemblablement pour des raisons de stabilité. Le potentiomètre de balance est placé entre les voies droite et gauche, en sortie des étages préamplificateurs.

A l'entrée de l'étage amplificateur, un strap en « U » permet de séparer éventuellement la partie préamplificatrice du bloc amplificateur (utilisation d'un autre préamplificateur ou inversement). Un filtre limite la bande passante à l'entrée de l'amplificateur. Les coupures se situent à 20 Hz et 20 kHz. Une entrée, appelée « Lab-in », permet d'éliminer ce filtre. A noter qu'en fonctionnement normal la pente d'atténuation des filtres à l'entrée de l'amplificateur est

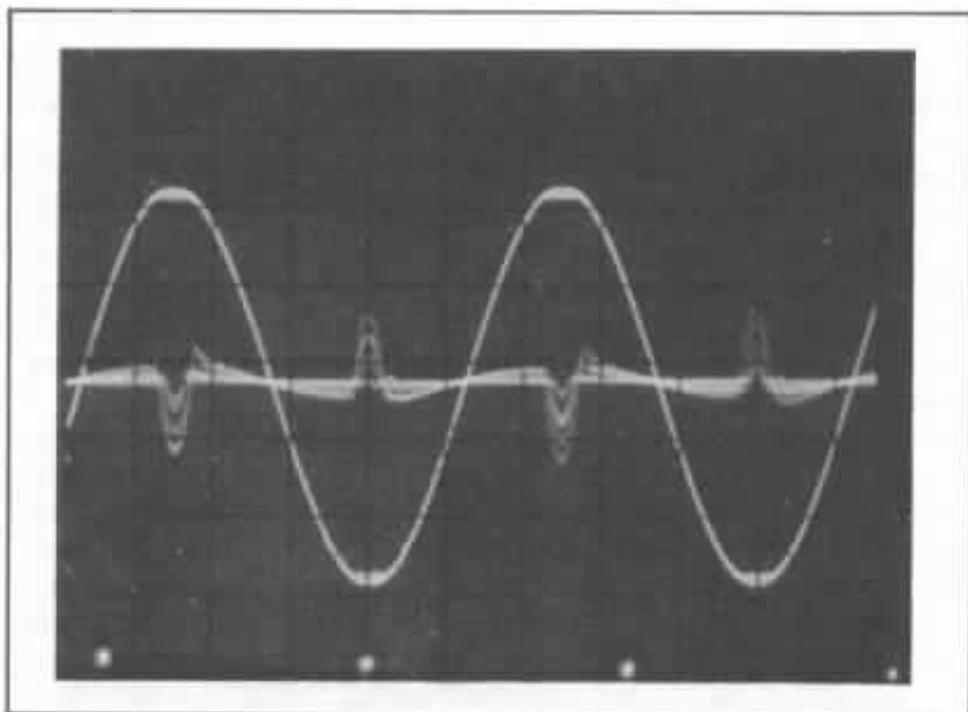
très supérieure à l'atténuation propre à l'étage préamplificateur. Cette pratique va dans le sens des théories développées par Matti Ojala. On élimine ainsi les risques d'apparition de distorsion en régime transitoire.

L'étage amplificateur est constitué de neuf transistors par canal.

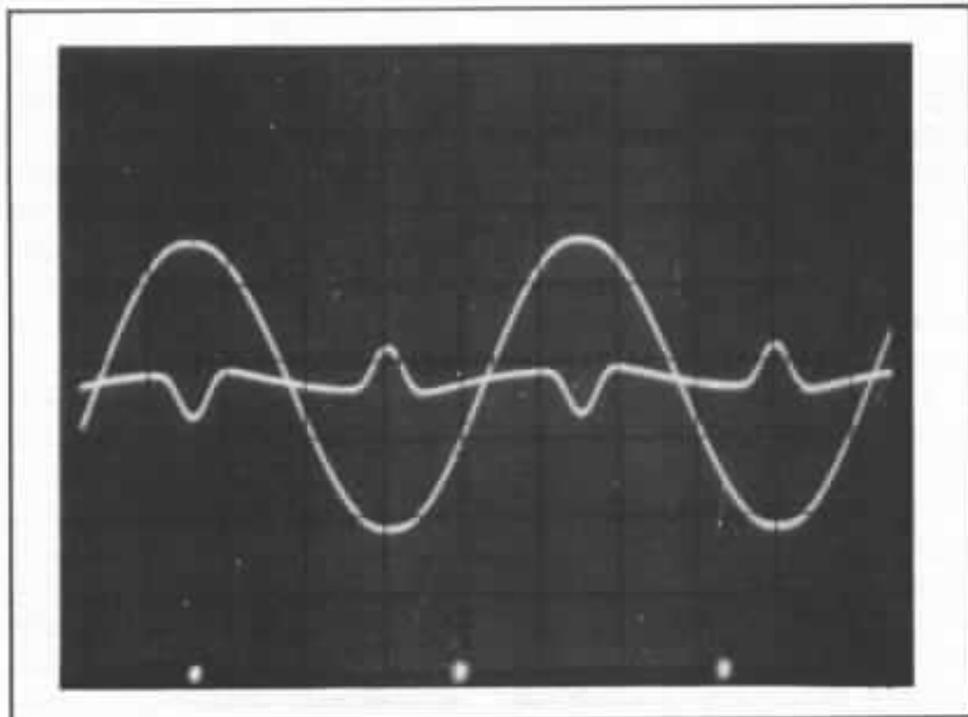
En entrée, se trouvent deux transistors. Le signal attaque un 2SC 1400, un transistor NPN d'origine japonaise, couplé à un autre transistor PNP (BC 559), formant ainsi un circuit push-pull. Ces deux transistors ont leur base polarisée d'une manière assez particulière. Vient ensuite, couplé en direct, un étage Darlington (BC 556/BD 139). Celui-ci attaque l'étage de puissance constitué de deux paires complémentaires montées en Darlington (2N 6551/2N 3055 et 2N 6554/2N 2955). Un relais placé en sortie évite les risques de surcharge. A ce niveau, est également relié un circuit intégré (LB 1405) commandant l'affichage par diodes LED. Le circuit

« Soft Clipping » est placé sur l'entrée. Un commutateur permet d'insérer le circuit de « saturation douce », consistant à arrondir la forme du signal à l'approche de l'écrêtage. Il utilise à cet effet un réseau composé de diodes et de capacités, alimenté par des tensions de $\pm 25 \text{ V}$.

L'alimentation mérite quelques commentaires. Les étages de la partie préamplificateur et les étages d'entrée de l'amplificateur sont alimentés par des tensions dissymétriques ($+ 29,9 \text{ V}$, $- 25,6 \text{ V}$). Celles-ci sont régulées et sont obtenues à partir d'un enroulement séparé sur le transformateur. L'étage de puissance possède sa propre alimentation (enroulement séparé sur le secondaire). Elle est réduite au plus simple, ne comportant qu'un pont de diodes et quatre condensateurs de $2 200 \mu\text{F}$. La valeur des tensions est de $\pm 28 \text{ V}$. Cette configuration permet, sur les petits signaux, d'avoir une excellente réponse dynamique et, sur les signaux de très forte



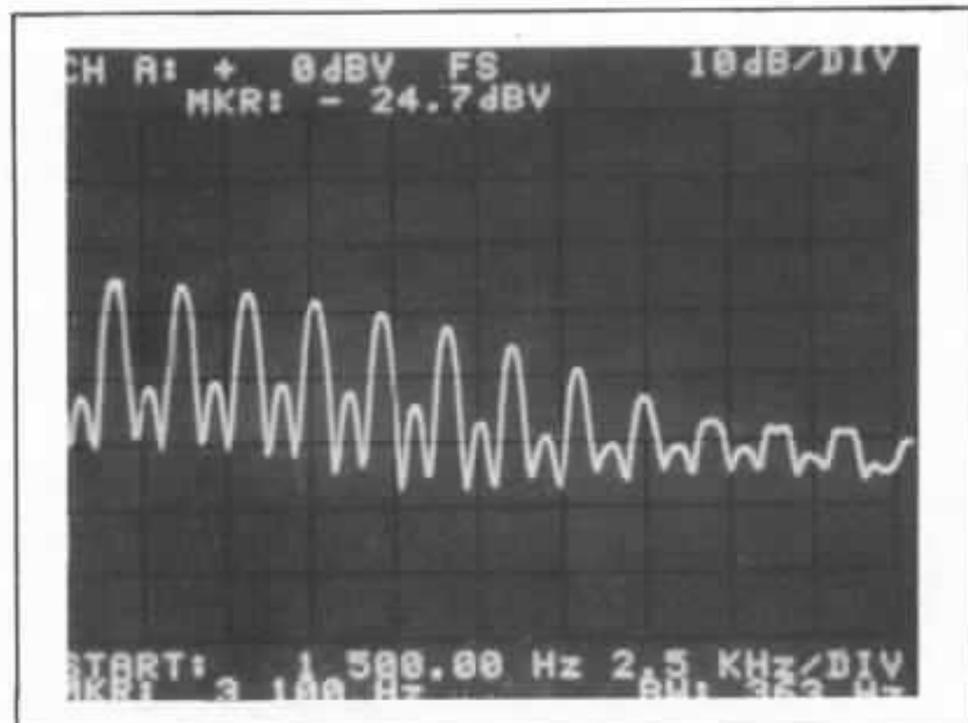
Forme de la distorsion à l'écrêtage, fonctionnement normal (41 W, THD 1%) voir texte.



Forme de la distorsion à l'écrêtage en soft clipping (21 W, THD 1%), voir texte.

amplitude ou sur une charge de très faible impédance, de limiter le courant dans les transistors de puissance, à une valeur convenable. En outre, cette séparation des alimentations entre les étages faible niveau et les étages haut niveau limite les risques d'intermodulation à travers l'alimenta-

tion, principalement en régime transitoire. En effet, lorsque l'alimentation est commune pour tous les circuits, l'étage de sortie, en raison de ses appels de courant importants, déstabilise l'alimentation, donc le fonctionnement correct des étages faible niveau. Cela se traduit à l'écoute

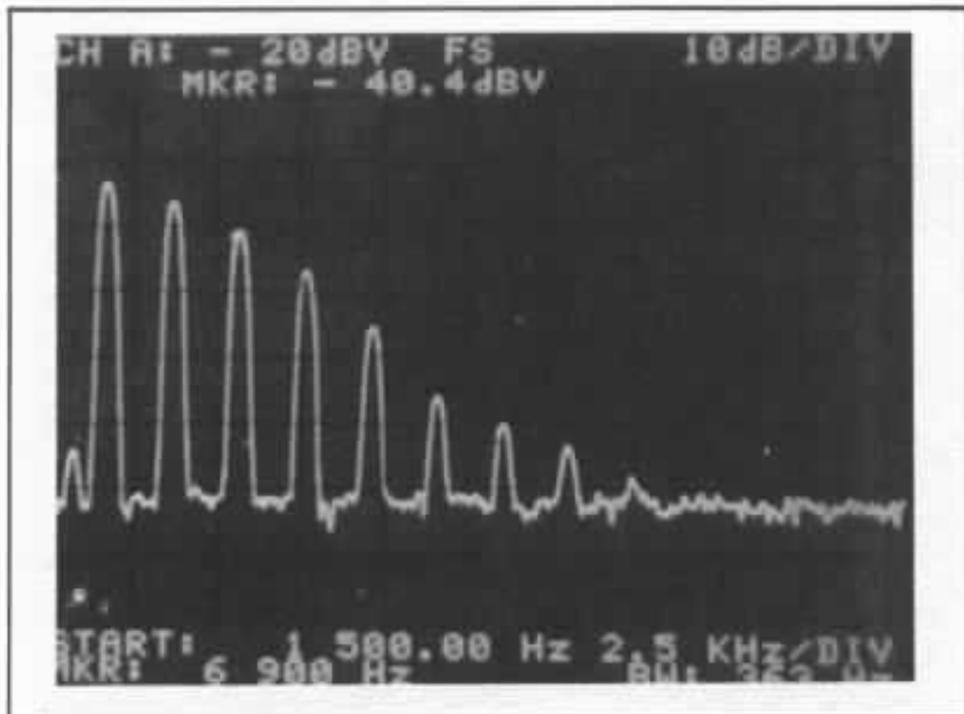


Spectre de distorsion à 40 W en fonctionnement normal (voir texte).

par une perte d'informations sur de grandes masses orchestrales, où les petits signaux d'ambiance, de réverbération, de détails de jeu se trouvent « masqués ».

Mesures

Le NAD 3020 offre des performances de mesures tout à fait remarquables. Les valeurs de distorsion se situent en général au-dessous de 0,005 %, ce qui représente donc une grande performance vis-à-vis des moyens mis en œuvre et surtout du prix. Le rapport signal/bruit sur l'entrée phono est de 60 dB (non pondéré) et de 78 dB en pondération A, ce qui est excellent. Le seuil de saturation à 1 kHz sur l'entrée phono est de 270 mV et n'appelle aucun commentaire. Nous nous sommes plus particulièrement intéressés à l'allure des formes et des spectres de distorsion, avec l'influence du circuit « soft clipping ». Les oscillogrammes montrent la réponse en régime sinusoïdal, à la limite de l'écrêtage, pour une valeur de distorsion de 1 %, en fonctionnement normal d'une part et en « soft clipping » d'autre part. La puissance obtenue dans chacun des deux cas est respectivement de 41 W et de 21 W, cela sur une charge résistive de 8 Ω. La trace centrale, qui représente le signal de distorsion, est très révélatrice. En fonctionnement normal, on observe une distorsion instable, riche en harmoniques de rang élevé. En « soft clipping », la distorsion est très régulière et très douce, l'écrêtage n'apparaît pas de manière brutale. L'alimentation est dans ce cas beaucoup moins sollicitée, ce qui explique en partie la disparition des instabilités. Les spectres de distorsion relevés dans ces deux cas sont extrêmement révé-



Spectre de distorsion à 20 W en soft clipping (voir texte).

lateurs. Le spectre en « soft clipping » est très régulier et ne comporte pratiquement que des harmoniques impairs, bien dégradés avec la fréquence. En fonctionnement normal, le spectre est beaucoup plus confus. On observe des harmoniques de rang très élevé et d'ordre pair. De plus, les harmoniques de distorsion ressortent beaucoup moins bien du bruit lorsque la fréquence baisse. Ceci est en corrélation avec les instabilités observées précédemment, provenant des limitations de l'alimentation.

Notons enfin le remarquable comportement du NAD 3020 sur des charges de très faible impédance. La puissance relevée sur des durées très courtes en utilisant des « tone burst » (trains d'ondes) révèle une capacité dynamique de l'amplificateur très importante, puisqu'il peut délivrer plus de 100 W en impulsion sur 2 Ω . Il semble que c'est un point sur lequel le concepteur Bjorn Eric Edvardson attache une grande importance. Nous

partageons entièrement son avis sur ce sujet.

Pour conclure ce paragraphe consacré aux mesures, constatons que le NAD 3020 réunit d'excellentes performances aux mesures traditionnelles avec, en plus, de nombreuses originalités qui lui sont propres : forme de distorsion, comportement dynamique. C'est un comportement suffisamment rare pour qu'on le mentionne, car, bien souvent, nombre d'artifices sont utilisés pour gagner un zéro sur la distorsion, artifices qui ne vont pas toujours dans le sens de la qualité sonore.

Performances subjectives

Le lecteur se doute bien que si nous consacrons un article au NAD 3020, c'est que ses performances subjectives sont à la hauteur. Ce qui frappe d'emblée à l'écoute est l'équilibre général en fonction de la fréquence. Cette première impression est à notre avis très importante. Bien souvent lorsque l'on compare des maillons, même de très haut de

gamme, il s'avère que des différences d'équilibre se manifestent immédiatement. Certains donneront l'impression subjective de « remontée » dans le haut du spectre, d'autres dans le médium ou le grave. Ces constatations, précisons-le, ne sont pas liées à la courbe de réponse telle qu'il est convenu de la définir, c'est-à-dire sur la base d'un signal sinusoïdal en régime établi. Au contraire, elles sont en relation avec le comportement transitoire en fonction de la fréquence et dans des conditions de fonctionnement réelles faisant intervenir les interfaces cellule-préampli d'une part, et ampli-HP d'autre part.

Le NAD est donc un appareil extrêmement homogène et équilibré. Il délivre un message clair, précis et dynamique. Il passe avec aisance les fortes modulations sans agressivité ni « son électronique ». Les timbres eux aussi conservent leurs qualités lorsque le niveau varie, c'est un point qui contribue beaucoup à faire du NAD un maillon très musical.

L'analyse plus détaillée révèle que le NAD « grignote » les détails de réverbération, d'ambiance, en comparaison avec des amplificateurs beaucoup plus sophistiqués au niveau du choix des composants et de l'alimentation. Toutefois, ce défaut ne se révèle pas critique puisque le son reste très ouvert et l'image sonore précise. Dernier détail, le circuit soft clipping n'est à conseiller que sur des systèmes ayant un rendement suffisant. La différence de puissance, du simple au double, constitue une limitation sur des haut-parleurs conventionnels de rendement moyen. Le choix devra se faire « à l'oreille » en fonction des conditions et des habitudes d'écoute.

Les dernières améliorations du système Onken-Mahul

Jacques Mahul

Lors du dernier salon « ésotérique » organisé par l'Emotion Musicale à Lyon, du 24 au 26 octobre, l'Audiophile a présenté la toute dernière version du système Onken-Mahul qui a remporté un vif succès. La démonstration de l'Audiophile était l'un des clous de ce mini-festival.

Le système était animé par la platine Verdier, équipée d'un bras Lurné et d'une cellule Denon DL 103 conique, par le préamplificateur SRPP, complété enfin par l'amplificateur Hiraga classe A.

La nouvelle version du système Onken-Mahul marque un pas décisif par rapport à la version du festival du son écoutée à l'hôtel Victor Hugo. Les modifications concernent essentiellement la partie médium-aiguë. Le grave et son filtre demeurent totalement inchangés. Nous avons simplement dû procéder au recollage d'un cache-noyau sur l'un des deux Altec, des vibrations importantes dans le bas-médium ayant été décelées au générateur sur l'une des voies.

Les critiques qu'il était possible de formuler sur l'ensemble précédent étaient liées essentiel-

lement à la partie médium et à l'emploi du HD 17 HR 37, qui représente indiscutablement le maillon faible du système. On pouvait mettre en évidence un double phénomène : une légère absence de définition dans le haut-médium, de 3 à 5 kHz, et un manque certain d'homogénéité entre la voie grave et la voie médium-aiguë. Il manquait de cette fluidité, qu'on était en droit d'espérer, dans le passage de l'un à l'autre. Ce dernier point critique était la conséquence d'un filtrage trop sévère à 600 Hz (et en réalité dès 1 000 Hz) du HD 17 HR 37, engendré lui-même par un manque de linéarité du haut-

parleur. Monté, d'origine sans traitement, dans l'ancien caisson, il procurait une énergie trop élevée à 1 kHz, comparativement à celle obtenue à 4 kHz. Pour ajuster l'ensemble, il convenait de « raboter » cet excès de 1 kHz, tout en espérant pouvoir descendre à 600 Hz. La structure du filtre était à deux pentes, ce qui conduisait à 24 dB/octave à la coupure désirée et à 6 dB de 600 Hz à 1 kHz. L'information ne se transmettait pas également à la coupure entre le grave et le médium, laissant apparaître une dispersion dans la zone de la coupure. Il était donc vital de pouvoir disposer d'un médium

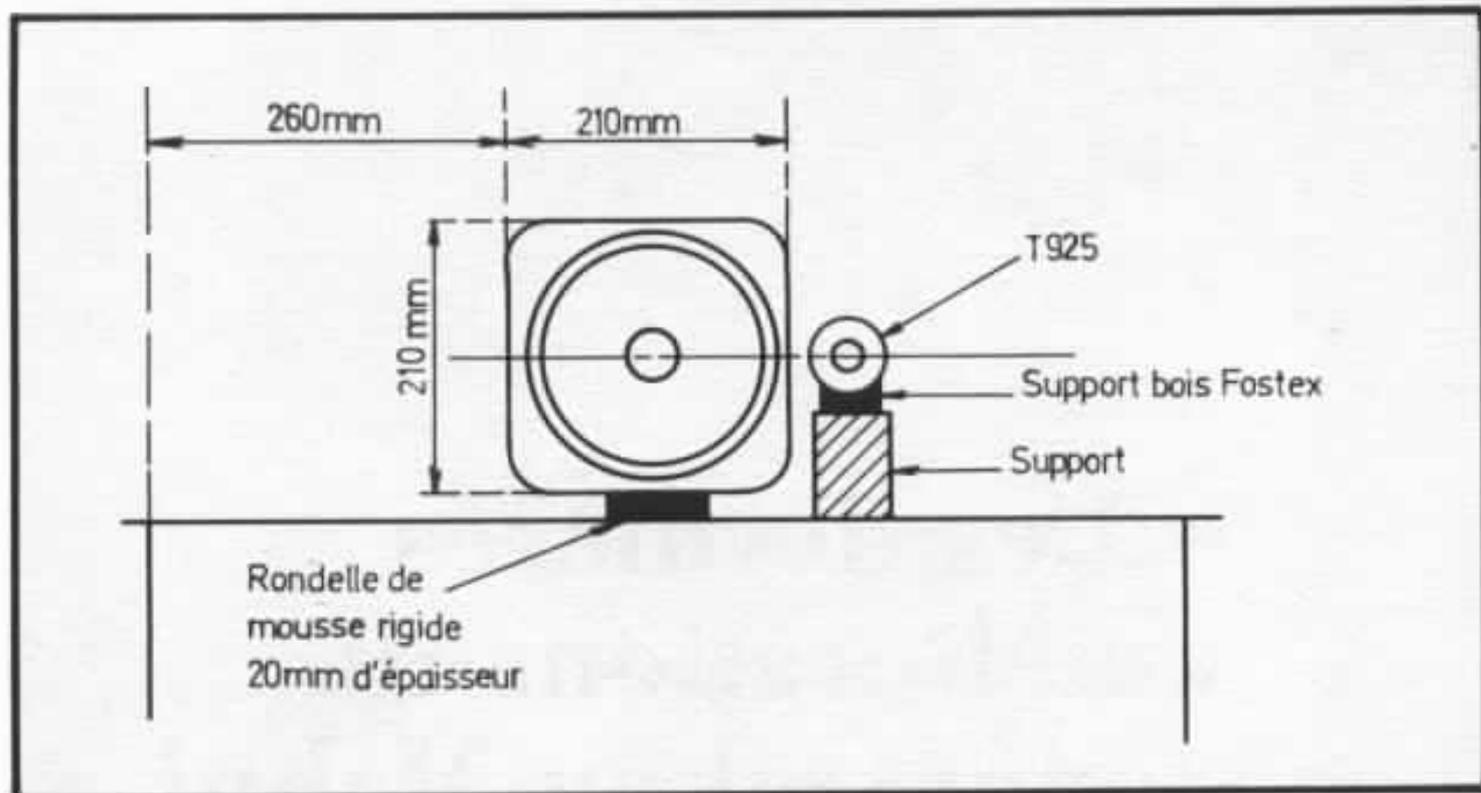


Fig.1 : Disposition relative du médium et du tweeter, vue de face.

plus linéaire pour espérer améliorer le système. Il fallait donc essayer de descendre plus bas en fréquence, avec une pente plus douce et égale à celle rencontrée sur le boomer. C'est ce que nous avons tenté de faire en jouant à la fois sur le haut-parleur et le caisson. Pour résoudre le premier problème évoqué plus haut, celui du manque de définition en haut-médium, une courbe de réponse moins plongeante dans cette partie du spectre s'avérait nécessaire.

Nous avons repris le médium Audax HD 17 HR 37, unique dans son domaine puisqu'il est le seul à conjuguer un tel rendement (97 dB) avec une bande passante pas trop réduite. Après, il faut passer aux chambres de compression avec tous les problèmes de distorsion pour certains ou de bandes passantes trop réduites pour d'autres, ou enfin de directivité pour la plupart, ou tout simplement de prix pour les modèles les plus sophistiqués.

En traitant la suspension exté-

rieure en mousse ainsi que la partie externe du cône jusqu'à la corrugation avec un mélange de latex de butyl et de plastiflex, la courbe de réponse du haut-parleur se trouve sensiblement améliorée dans le haut-médium d'une part et aux alentours de 700 Hz d'autre part. Le haut-parleur descend moins bas, sa résonance monte légèrement et enfin sa réponse en transitoire est nettement plus belle, les suroscillations étant pratiquement amorties. La réponse est dans l'ensemble plus linéaire, plus amortie dans la zone de 1 kHz et comparativement moins plongeante dans l'aigu.

Pour accroître l'homogénéité de l'ensemble, il était nécessaire de réduire au possible les distances entre les différents centres acoustiques des trois haut-parleurs. Réduire la surface de la façade avant du caisson médium était impératif. Le nouveau caisson réalisé dans de l'aggloméré de 19 mm se présente tout en longueur de section carrée. Les quatre bords sont eux-mêmes

arrondis pour accroître la dispersion spatiale. Le volume interne est nettement réduit par rapport à l'ancienne version (9,6 litres au lieu de 16 litres). Autre changement, ce nouveau caisson n'est plus clos comme précédemment, mais muni d'un évent circulaire de 63 mm de diamètre, dont la longueur est constituée par la seule épaisseur du panneau de bois. Cet évent est situé sur la partie supérieure du caisson. L'ensemble est accordé à 300 Hz et permet de disposer d'une réponse linéaire étendue jusqu'à la fréquence indiquée. Le revêtement interne est de la laine de verre de 30 mm et de densité 22 kg/m³. Le traitement et le nouveau caisson permettaient à eux deux de travailler plus en confiance au niveau du filtre.

En conservant les valeurs de 30 et 50 μ F dans le passe-haut du médium, il est alors possible d'accroître la valeur de la self en parallèle et de pousser jusqu'à 3 mH au lieu de 1,6 mH comme précédemment. La pente est plus douce et l'ensemble avec la voie

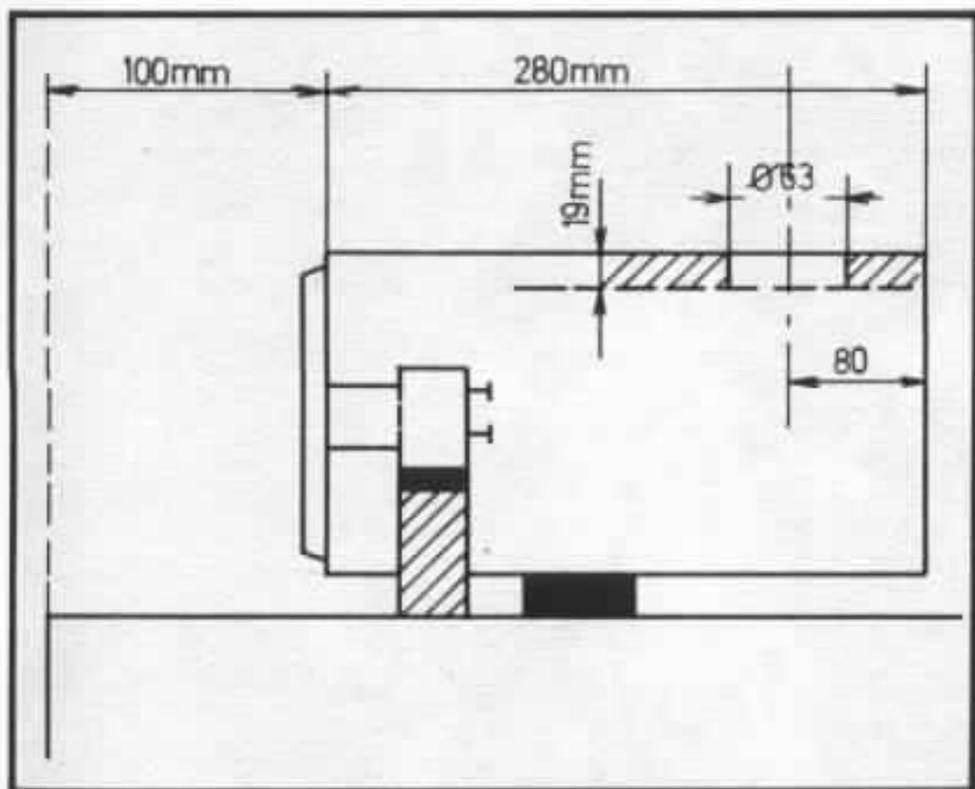


Fig.2 : Positionnement du médium et du tweeter sur le compartiment grave.

grave est parfaitement linéaire et régulier. Dans le haut-médium, un seul changement, la self de 0,5 mH se voit remplacée par 0,35 mH. Le schéma complet du filtre est reporté en figure 3. On remarquera que tous les haut-

parleurs sont branchés dans la même phase électrique.

Les positionnements du caisson médium et du tweeter doivent être respectés avec rigueur. Le tweeter n'est plus disposé sur le médium comme auparavant,

mais sur le côté du médium, vers la partie interne de la zone d'écoute. Son centre acoustique doit être parfaitement aligné horizontalement sur celui du médium. Il est recommandé de laisser le T925 sur un support bois. Le caisson médium sera découplé du caisson grave par un morceau de mousse assez rigide de 20 mm d'épaisseur.

Pour ce qui est du positionnement en profondeur, le médium doit être reculé de 100 mm par rapport à l'arête du caisson grave. Le tweeter verra l'extrémité de son pavillon placée dans le même plan vertical que la façade avant du médium. Il sera nécessaire, enfin, de tourner chaque enceinte de 15 à 20° vers la zone d'écoute.

De la sorte, une belle image sonore stable et précise sera obtenue. L'homogénéité de l'ensemble est en très net progrès, la très bonne réponse transitoire dans le médium ne procure plus cette impression de voile qu'il y avait précédemment dans ce domaine. L'ensemble est précis, clair et homogène.

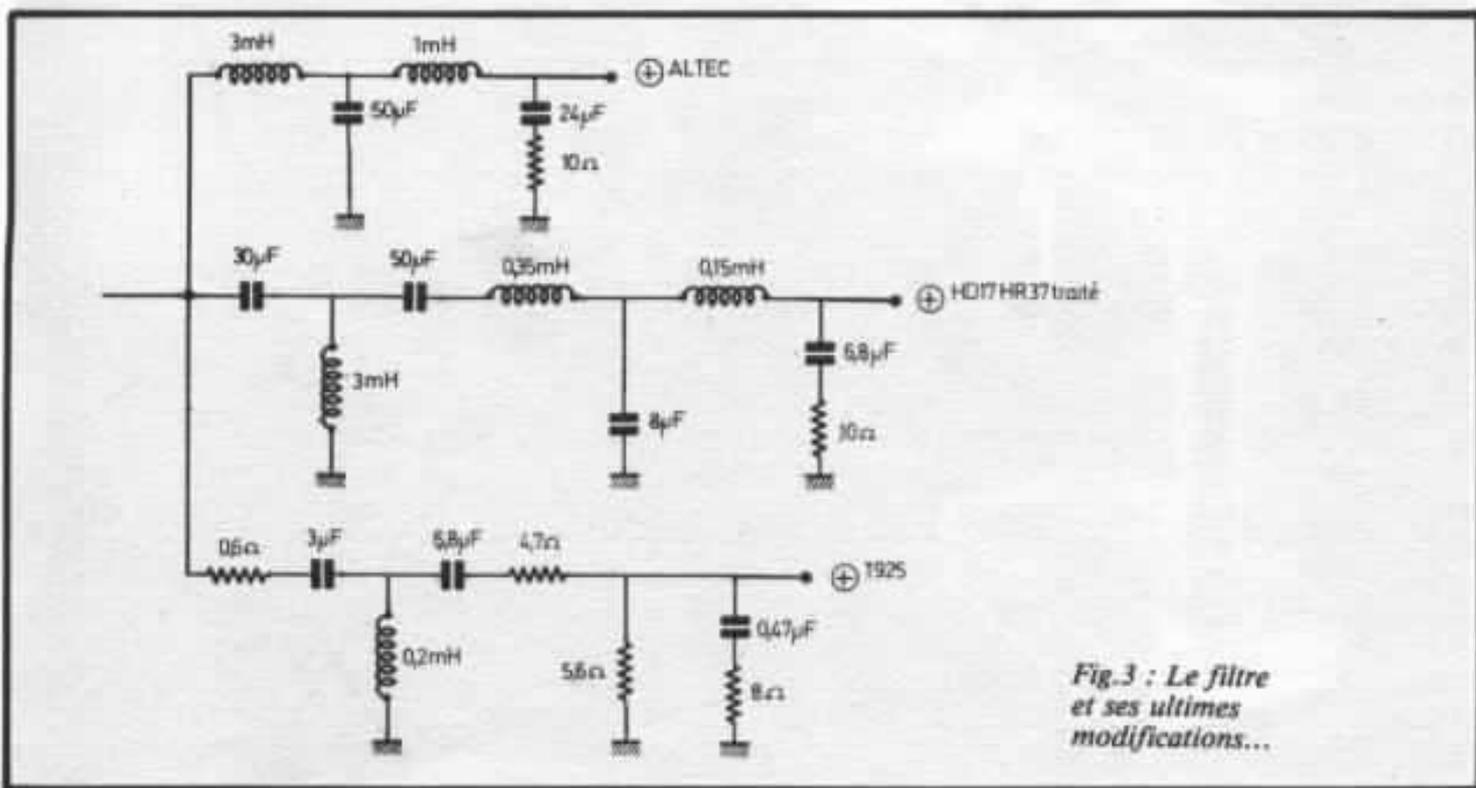
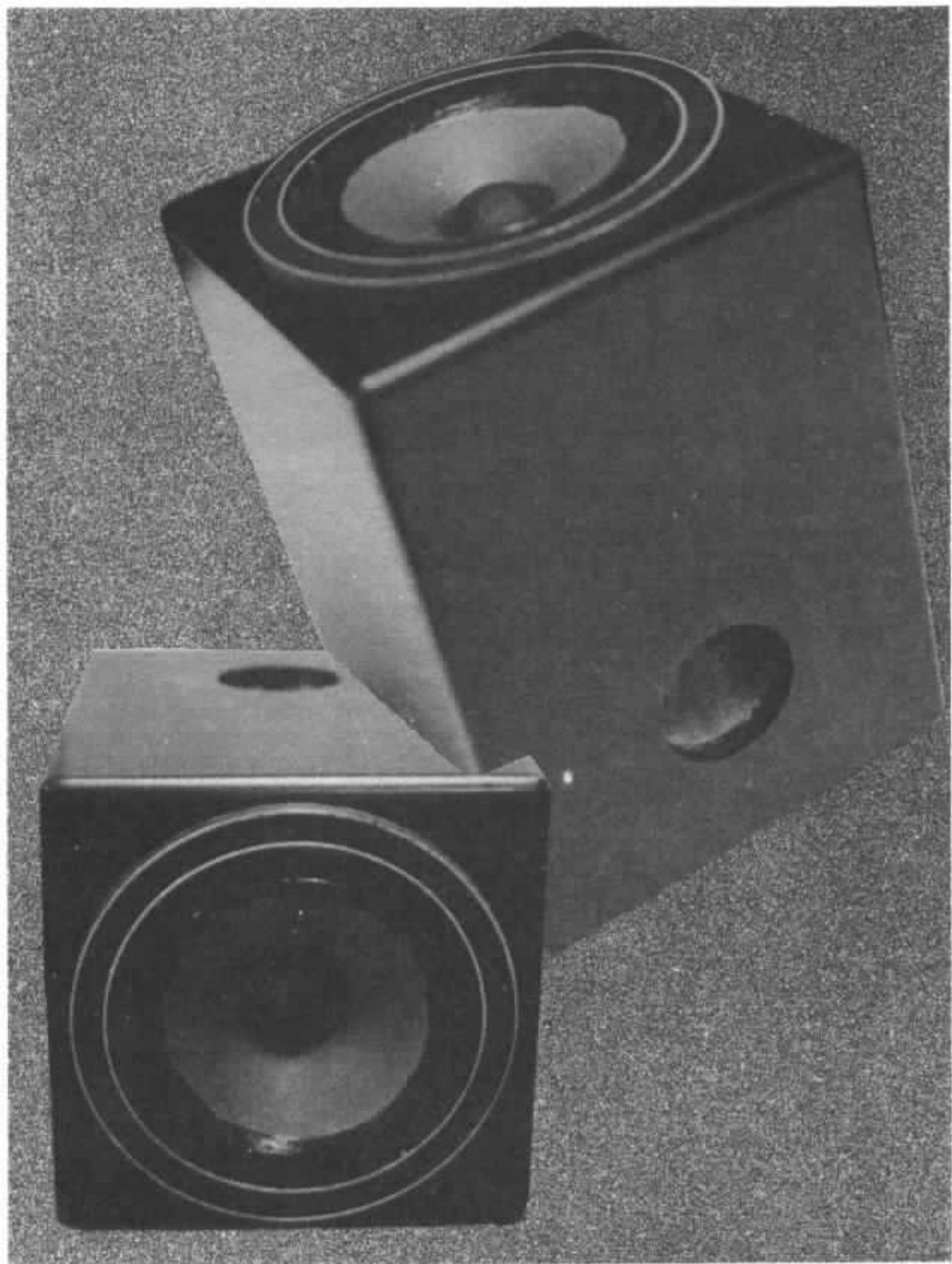


Fig.3 : Le filtre et ses ultimes modifications...



**Page non
disponible**

L'entretien des disques : un problème délicat

Jean Hiraga

Il existe, depuis fort longtemps, sur le marché des accessoires en haute fidélité, les indispensables produits de nettoyage du disque. Ils se présentent sous forme de brosses de formes diverses, de patins de velours solidaires de petits bras, ou encore d'aérosols. D'autres appareils de nettoyage, beaucoup plus sophistiqués, procèdent à de véritables lavages et séchages, mais ils ne sont que très rarement à la portée de l'amateur. Le nettoyage proprement dit consiste à retirer les poussières se déposant sur les flancs et le fond du sillon, principalement par attraction électrostatique. Cette attraction est due, comme on le sait, à la matière composant le disque.

D'autres méthodes de protection, cette fois préventives, consistent à « désensibiliser » le disque, à rendre sa surface anti-statique. De la sorte, en retirant celui-ci de sa pochette ou du plateau de la table de lecture, il ne se produit (pratiquement) plus de décharges statiques. Bien entendu, la nature de la surface du couvre-plateau (isolante, légèrement conductrice ou conductrice) joue aussi un rôle. Mais les produits anti-statiques ont toujours été plus ou moins sujets à controver-

Les principales réserves :

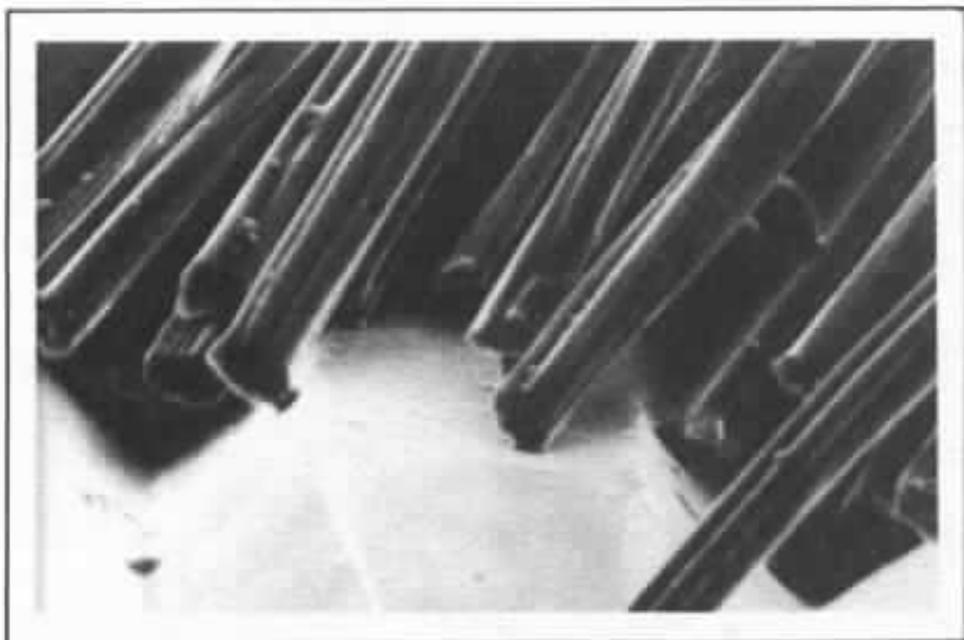
- Pendant combien de temps le produit est-il efficace ?
- Ne peut-il pas abîmer la surface du disque par effet chimique ?
- La poussière ne risque-t-elle pas de se « coller » aux sillons après traitement, pour former une sorte de « boue » qui durcira par la suite ?

- Ces produits sont-ils dangereux pour la pointe lectrice (usure, collage etc.) ?

- Ces produits ne risquent-ils pas d'encrasser rapidement la pointe lectrice ?

A ces diverses questions, que l'on se pose parfois après de désagréables expériences avec des produits de nettoyage mal

étudiés, il serait intéressant de revenir à une expérience simple. Elle consiste à nettoyer à l'aide de brosses, aérosols, des disques identiques, ceci une bonne centaine de fois, et de comparer ceux-ci au même disque, lui aussi écouté puis remis dans sa pochette le même nombre de fois, mais sans être soumis à



Fibres de velours d'une brosse dépoussiéreuse. Grossissement 1000 fois. Document Stanton.

aucun nettoyage. Il est surprenant de constater que le disque non « nettoyé » peut rester en bon état de propreté s'il est retiré lentement de sa pochette, posé sur un couvre plateau légèrement conducteur et remis lentement dans sa pochette. Mais cela ne dure pas indéfiniment.

Souvent, on reproche aux brosses légèrement humides quelques défauts.

- La brosse légèrement humide, ramassant bien les poussières, ne possède aucun artifice pour se débarrasser de celles-ci, la manche d'un vêtement ou la paume de la main n'étant que d'une efficacité douteuse. De la sorte, on peut craindre qu'une brosse humide ayant beaucoup servi « contamine » des disques neufs.

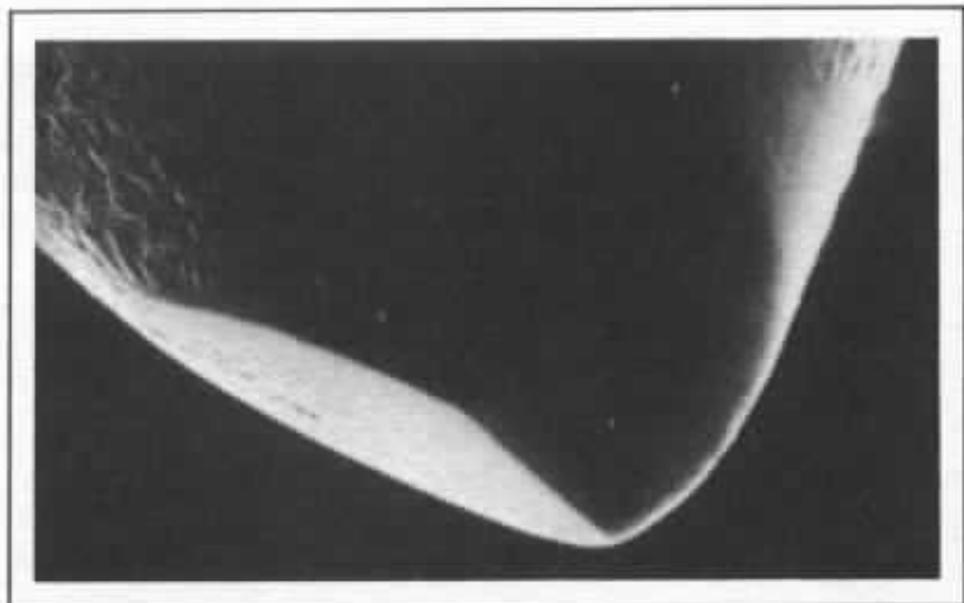
- En considérant qu'au moins 60 % de la surface du disque correspond aux parties plates supérieures, donc non gravées, le mouvement rotatif de la brosse a pour effet de faire « descendre » les poussières dans les creux, c'est-à-dire les sillons, ce qui peut donc avoir un effet tout à

fait contraire à ce que l'on recherchait. On peut alors craindre de retrouver dans le sillon non plus 40 % des poussières, mais 100 % de celles-ci ou presque.

- La brosse rassemble la poussière sur un endroit donné du disque, ce qui est donc très bien. Mais la poussière, ainsi rassemblée, ne peut que très difficilement être retirée des sillons. Certains faisaient même à ce propos

l'analogie « d'un balai sans pelle ». En effet, certaines brosses sont faites de poils très fins et très lisses, sur lesquels la poussière n'accroche pas (ceci d'autant plus que ces poils sont souvent conducteurs et n'attirent donc pas les poussières). La connaissance de ces problèmes amena certains à tenter de réaliser des appareils de nettoyage plus évolués, tels que des brosses munies de mini-aspirateurs. La brosse japonaise « Technics » est un très bon exemple et on ne pourrait nier son efficacité remarquable.

Néanmoins, les produits de nettoyage des disques n'ont pas cessé d'évoluer au cours des années, les chercheurs se penchant surtout sur les problèmes relatifs à l'auto-protection du disque contre les poussières. Ceci est, contrairement à ce que l'on pourrait penser, un problème relativement ardu. Songeons, pour le bruit de surface sur un disque vierge par exemple, que ce bruit est produit à partir de dénivellations inférieures au 1/20 de micron, si ce n'est pas moins. Un traitement anti-



Diamant usé. La dissymétrie provient d'un mauvais réglage de l'anti-skating. Grossissement 2000 fois. Document Stanton.

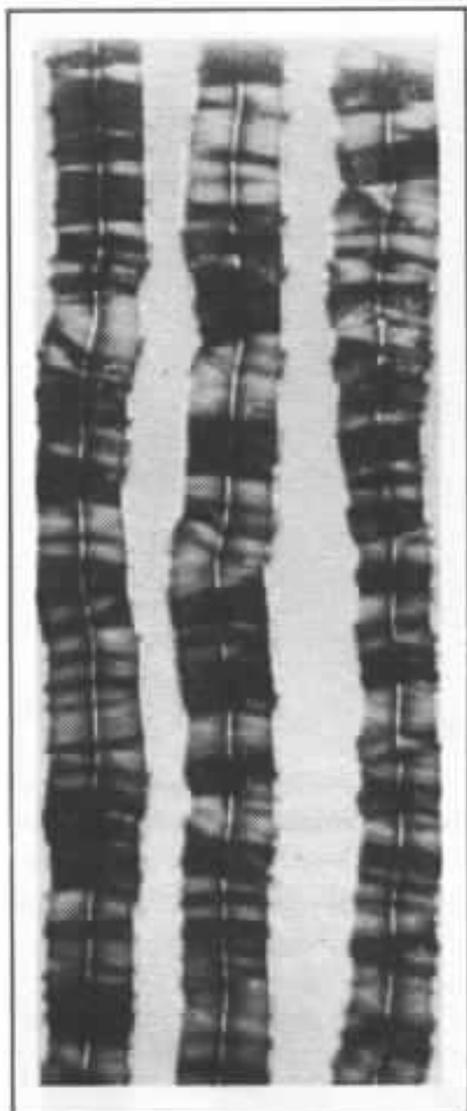
statique doit donc non seulement pénétrer aisément dans le sillon, mais aussi pouvoir être étendu en couche à la fois très homogène et très fine sur les flancs du sillon, ce qui n'est pas toujours évident si l'on n'a qu'une brosse pour outil, aussi bien conçue soit-elle. Ce produit doit aussi résister aux frictions lors du passage de la pointe lectrice et bien adhérer au sillon. Or, les PVC ou PVA (polychlorure de vinyle ou acétate de polyvinyle) s'y prêtent très mal. Ces matériaux n'ont aucune propriété d'attraction par effet de capillarité de surface et les liquides déposés forment de petites « boules ». Les autres produits déposés n'adhèrent pas non plus, du moins très mal.

Assez récemment, les choses ont changé. Dès 1978, on a commencé à parler des problèmes de friction pointe de lecture/sillon et d'échauffement des parties en contact, problèmes d'ailleurs liés à ceux du fléchissement transitoire de la matière vinylique et à l'usure des flancs du sillon lors du passage de la pointe lectrice dans le sillon, des phénomènes que connaissait d'ailleurs fort bien J. Walton (Decca), dès les années 60. En effet, du point de vue faiblesse de friction, le diamant glissant sur du PVC ou PVA n'a rien d'idéal. Pourquoi, alors, en attendant de trouver une matière plus élaborée pour la confection des disques, ne pas chercher une sorte de lubrifiant qui, réduisant le frottement, diminuerait de la sorte l'échauffement, donc l'usure du sillon ?

Toutefois, le lubrifiant pour disque ne peut être le même que celui utilisé pour la mécanique.

Les lubrifiants

On peut diviser les lubrifiants en deux variétés :



Sillons fortement modulés.

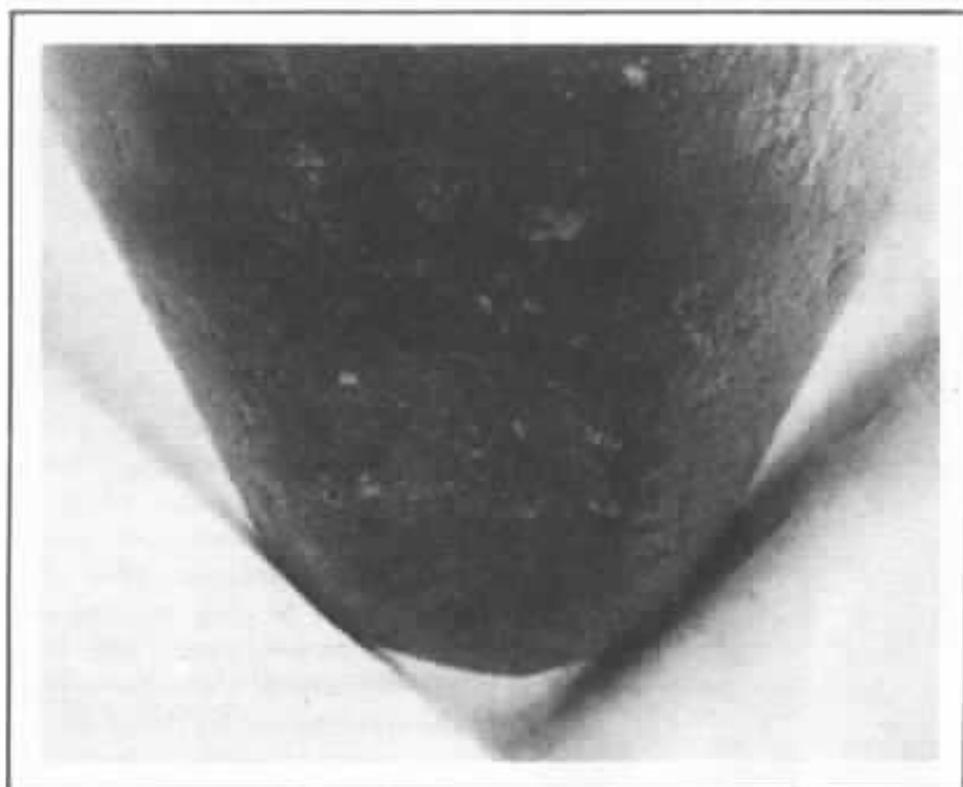
- les lubrifiants « solides », très souvent à base de bisulfite de molybdène (MoS_2), ou encore à base de graphite, mais ceux-ci, utilisés couramment en mécanique, ne sont pas ceux que l'on utilise pour les disques;

- les lubrifiants « liquides », tels que les huiles et produits gras qui, eux non plus, ne peuvent trouver d'application pratique pour le disque. Cependant, il existe d'autres lubrifiants humides pour les disques, parfois à base d'eau distillée et d'alcool très dilué. Il en sera question plus loin. En ce qui concerne les produits nettoyants dits « mouillés », demandant donc une

période de séchage avant utilisation, ceux-ci semblent disparaître peu à peu. Les produits pour lecture appelée « humide », tels que ceux proposés par Lenco, par exemple, sont également de plus en plus rares, car peu pratiques. Il en sera indirectement question plus loin. |

Pour les disques, on emploie donc des lubrifiants dits « secs », des lubrifiants solides, n'utilisant pas de support liquide. Ces nouveaux lubrifiants secs, spéciaux pour disques, sont le plus souvent des dérivés de polymères, qui, bien que capables de s'étendre en couche très fine sur les flancs du sillon, sont appelés lubrifiants « solides ». Ces produits, qui ne nécessitent pas de support liquide évaporable tel que l'eau ou l'alcool, peuvent en conséquence être utilisés dans le vide, vu que dans ce milieu il n'y aura pas de formations en « boules » propres aux liquides. Quelques-uns de ces produits, utilisés dans l'espace et fournis à des organisations telles que la NASA ont ainsi profité d'une publicité tapageuse et souvent très exagérée.

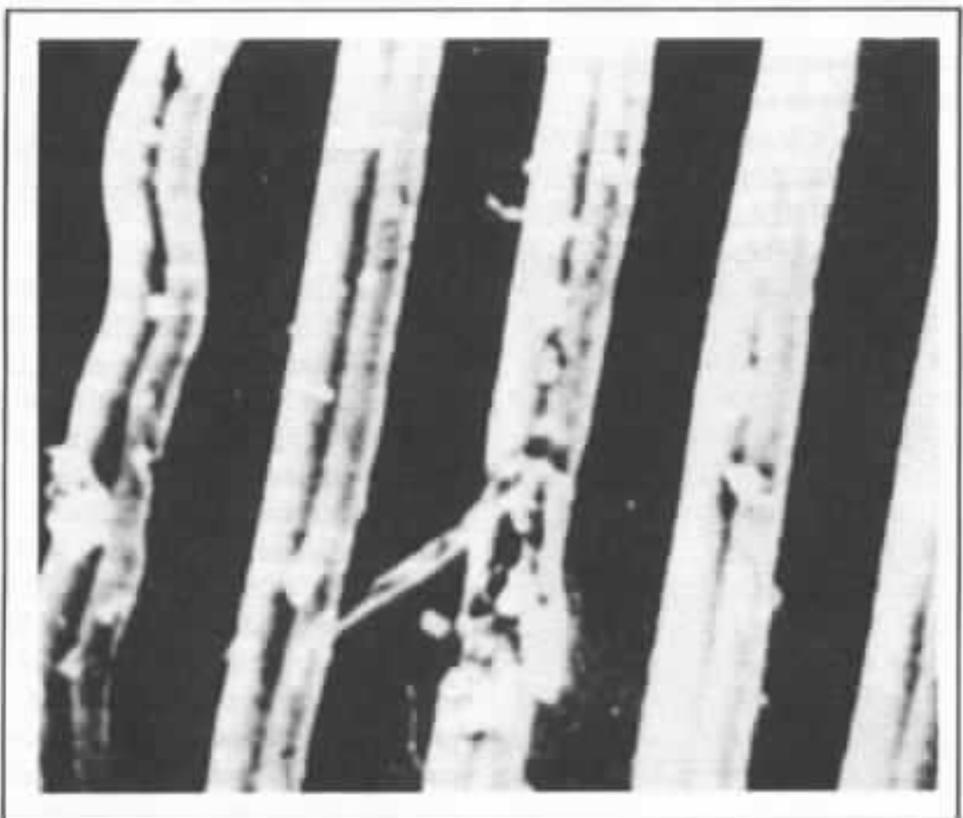
Parmi ces polymères fluides utilisés en tant que lubrifiants, il existe une variété appelée « hauts polymères », tels que le « PTFE » (polytétrafluoréthylène), excellents lubrifiants, mais malheureusement inapplicables pour le disque. Les raisons sont simples. Ce lubrifiant est en effet très difficile à diluer d'une façon homogène et stable chimiquement parlant, ce qui rendrait ce produit impossible à étendre en couche fine. On entend en effet par « couche fine » des valeurs de l'ordre du 1/50 de micron. Cela en ferait aussi un nettoyant



Diamant sphérique dans le sillon en position de lecture. Grossi 10 000 fois.

« mouillé », avec les inconvénients que cela comporte. Un autre gros défaut du PTFE est d'être électriquement fortement

isolant. Sa résistance d'isolement atteint une valeur de $10^{16} \Omega/\text{cm}$, donc très favorable à la production d'une charge électrostatique



Vue d'un sillon non nettoyé

importante, ce qui est tout à fait contraire à l'effet recherché. Le but était de trouver une formule chimique très stable dans le temps, « solide », capable d'être diluée et possédant des propriétés anti-statiques durables. Heureusement, ces produits chimiques existent. Ils sont eux-mêmes dérivés du PTFE, de structure moléculaire modifiée par de l'éthylène et « dopés » de fluor. On obtient ainsi des variétés très nombreuses, basées principalement sur les oxydes d'archiléthylène qui, dopés en fluor, ont le très gros avantage d'être légèrement conducteurs et de pouvoir se diluer admirablement bien dans les alcools, l'eau, les gaz liquides comme le fréon. Etant considérés comme des lubrifiants « secs », ils peuvent être dilués dans du fréon, gaz s'évaporant immédiatement dans l'air ambiant et permettant ainsi de projeter le produit sur la surface du disque, lequel sera ensuite réparti en couche très fine (et totalement invisible à l'oeil nu) sur les flancs du sillon à l'aide d'une brosse fine. L'utilisation sous forme d'aérosol était donc la formule la plus intéressante sur le plan commercial. On connaît en effet les restrictions très sévères à l'exportation des bombes et aérosols (exportation par voie aérienne par exemple), ainsi que les restrictions sur le plan de la sécurité d'emploi par l'utilisateur. Le fréon possède l'avantage d'être ininflammable, donc d'être un gaz inerte (dérivé fluoré du méthane ou de l'éthane) et de ne pas être dangereux pour la santé.

La plus grande majorité de ces nouveaux produits lubrifiants secs utilise toujours, à part les petites variantes concernant la géométrie moléculaire, cette

base, ainsi qu'un propulseur à base de fréon. Quelques rares produits existent sous forme liquide, utilisant cette fois un agent liquide, mais très volatile. Ces produits, possédant des pouvoirs anti-friction et anti-statiques remarquables doivent donc être considérés avant tout comme des agents légèrement conducteurs anti-friction plutôt que comme des agents « nettoyants ».

Bien que ces produits, pour des impératifs commerciaux évidents (vu leur prix souvent élevé) sont déclarés comme étant très différents les uns des autres, ils sont en fait très ressemblants, les variantes de leur géométrie moléculaire n'ayant qu'une faible incidence sur la polarité électrostatique. Quelques essais très simples confirment ces faits. L'examen des aérosols montrent que le propulseur est dans pratiquement tous les cas du gaz de fréon. Projeté sur une feuille de papier, le produit disparaît immédiatement, en laissant une odeur intermédiaire entre le savon et la paraffine. Il est inflammable. De plus, des mesures de densité, situant ce propulseur à une valeur de 1,486 montre qu'il s'agit bien de fréon.

Ensuite, en projetant ces produits sur une feuille de polyéthylène, on a l'impression, au premier abord, que ces produits ne laissent rien et que le tout s'évapore très rapidement. Cependant en regardant de très près, on constate un très léger dépôt de substance grasse, faisant penser à de la paraffine ramollie. En frottant du bout du doigt ce résidu sur la feuille de polyéthylène, on constate que ce produit laisse de fines traînées, comme l'aurait fait l'huile. Ce résidu, testé par plusieurs laboratoires,



Bib : Groov Kleen (tracking radial).

le plus souvent en raison des exigences demandées par les normes de sécurité dans certains pays, a été déclaré comme inoffensif (contact de la peau, etc.). D'autres essais, concernant cette fois les constructeurs, ont montré que ces produits n'avaient aucune action gênante vis-à-vis

du collage pointe lectrice/styilet porte pointe, un problème lui aussi très important.

Le collage pointe lectrice/styilet porte-pointe

Le collage est effectué dans la plupart des cas soit avec de la résine époxy chauffée au moment du collage, ce qui la rend plus liquide, soit encore un autre produit, la colle à la cyanoacrylate. Cette dernière, très robuste (entre 300 à 600 kg/cm²), a la particularité d'être très fluide. N'étant utilisée qu'en très faible quantité, elle permet de réduire la valeur de la masse dynamique de l'équipage mobile. Nous écartant un peu du sujet, parlons des stylets porte-pointe. Leurs extrémités sont perforées, soit par poinçonnage, soit par des méthodes évitant justement des problèmes de fléchissement du matériau à cet endroit, réduisant la rigidité. Ces nouvelles méthodes sont par exemple la découpe par rayon laser, permettant ainsi un contact direct de la pointe lectrice



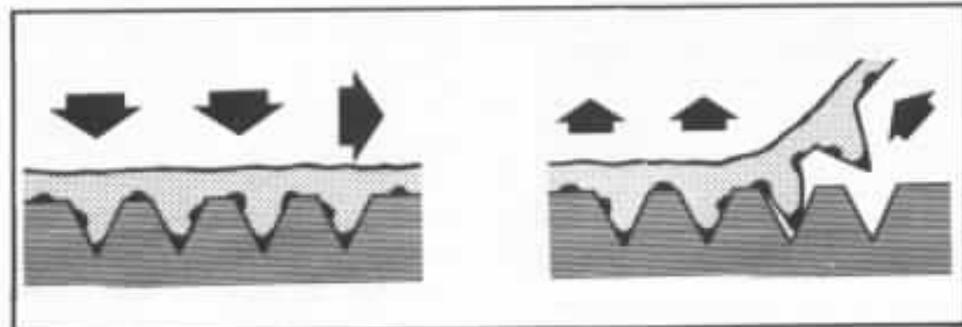
Discguard, lubrifiant et anti-statique.



Disc-Protec.

avec le stylet porte-pointe. Afin de réduire au mieux la masse de l'équipage mobile, non seulement les stylets porte pointe sont réalisés dans des matériaux ultra-légers, mais les diamants sont de taille très petite et la masse de colle utilisée est réduite à son strict minimum. Tout cela rend de plus en plus performant le phonolecteur, en particulier au niveau de sa bande passante dans l'aigu, de la rejection de sa résonance aiguë (reportée souvent bien au delà de 20 kHz). Toutefois l'équipage mobile devient par la même occasion de plus en plus fragile.

Jusqu'ici, on considérait comme sans danger pour le diamant l'utilisation de l'alcool, ou celle des dérivés de l'éthyle ou du méthyle. En fait, si le collage à la résine epoxy est imbibé trop longtemps d'alcool, la robustesse du collage baisse fortement, par exemple à des valeurs comprises entre le 1/3 et le 1/10 de la valeur initiale, ce qui est énorme. A partir de là, les risques de chute de la pointe lectrice sont très grands. On ne peut cependant pas dénier les effets nettoyants de l'alcool pur (aetanol absolutum, à 98°). Dans l'eau également, le collage à



Principe de la pâte nettoyante « Discofilm ».

l'époxy fait baisser la robustesse à près de la moitié de sa valeur initiale, d'où les dangers d'une lecture humide permanente. Dans le cas de l'utilisation de l'alcool, il est donc nécessaire de faire l'opération de nettoyage du diamant très rapidement (batonnet imbibé d'alcool) et de faire évaporer l'alcool (à l'aide d'une poire en caoutchouc par exemple). D'autre part, le contact de l'alcool avec les plastiques composants les boîtiers de la plupart des phonolecteurs (acryle, méthacryle etc.) provoquent soit une fissure immédiate de la surface, soit une surface mate et rugueuse. Les précautions à prendre dans ce cas sont donc indispensables. D'autres agents nettoyants, comme l'acétone, sont sans effet gênant sur le collage à l'époxy. Par contre, ils peuvent faire ramollir la surface d'un collage à la cyanoacrylate. Fort heureusement, cette colle ne se dissout dans pratiquement aucun produit (ce qui est d'ailleurs un inconvénient), à part le dyméthylformamide, un diluant spécialement adapté à cette colle. Dans les deux cas, il est conseillé de faire s'évaporer très rapidement le produit nettoyant. Pour ce qui est des nouveaux lubrifiants, ceux-ci n'ont fort heureusement aucun effet néfaste sur le collage.

Lecture humide

La lecture humide a été une vogue pendant quelques années, vu la qualité assez médiocre de nombreux passages du commerce et les améliorations qu'elle apportait (réduction très nette du bruit de surface, de la distorsion dans l'aigu entre autre). Cependant, les laboratoires des spécialistes en diamants pour pointes lectrices, tels que les firmes japo-

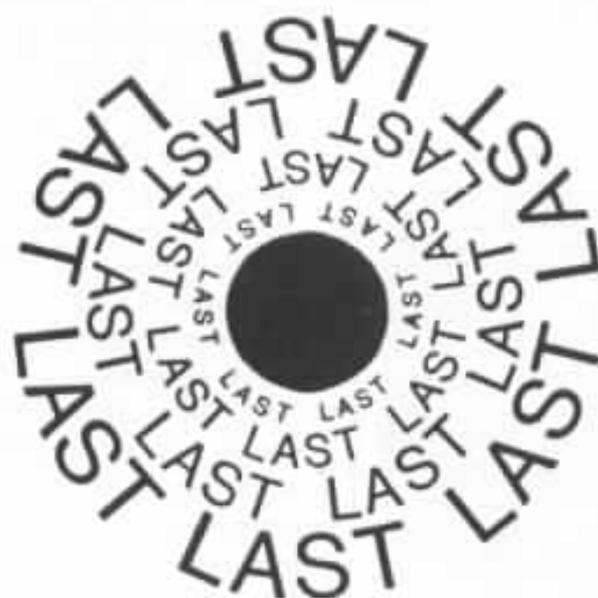
naises Ogura, Namiki (représentant au moins 80 % du marché international) et quelques firmes hollandaises, ont démontré que le collage à l'époxy perdait entre le 1/3 et le 1/4 de sa robustesse initiale, vu que la pointe lectrice, y compris le collage, baignait en permanence dans le liquide. Des examens au microscope ont d'autre part montré que la réduction du bruit de surface, due en partie à l'insertion en « coussin » d'une fine pellicule de liquide, entre la pointe et les flancs du sillon était en fait une véritable opération de polissage du sillon et de la pointe lectrice.

Disque traité

Un examen du même disque, traité cette fois à l'aide de lubrifiants « solides » montre une



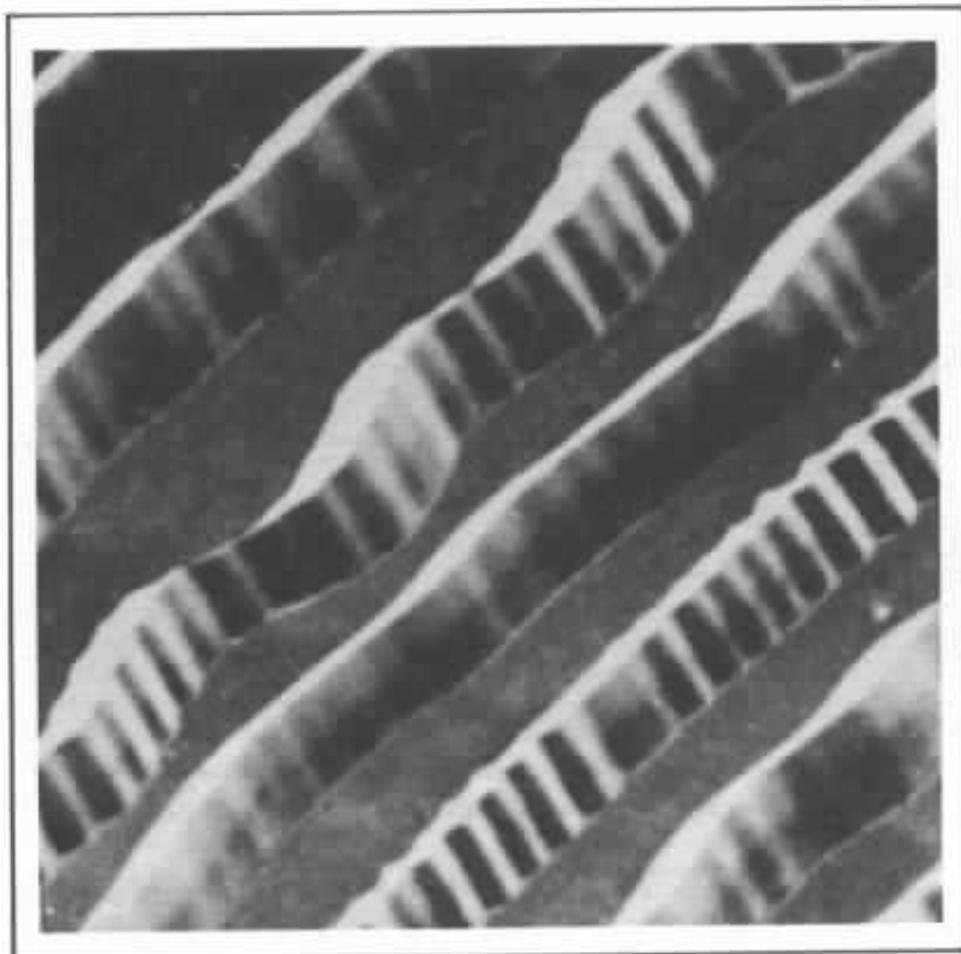
Audio Protect : nettoyeur de pointe lectrice, par procédé à ultra-sons.



LIQUID ARCHIVAL
SOUND TREATMENT
THE LAST FACTORY

« Last », récente nouveauté venant des U.S.A., aux propriétés lubrifiantes et anti-statiques procurant de très bons résultats.

usure moindre après le même nombre d'heures de lecture, par le même phonolecteur et sous la même pression de lecture. Le sommet des « talus » formés par les ondulations du sillon n'a plus l'aspect blanchâtre provoqué par l'écrasement de la matière. A ces endroits, la matière est seulement arrondie et polie. A l'écoute, l'usure est nettement moins ressentie. Les crépitements sont moindres. Au microscope, on constate une chose curieuse : sur un disque non traité, les poussières petites et dures (poussières de silice par exemple, que contient l'air), prises entre la pointe lectrice et le flanc du sillon, vont provoquer des stries, des rayures le long du sillon. Ce sont celles qui, placées juste avant la pointe, sont comme « coincées » et se s'échappent de l'autre côté qu'après avoir parcouru un certain trajet. Ces rayures, suivant le sens du sillon, peuvent aussi se produire lors de la gravure, cas

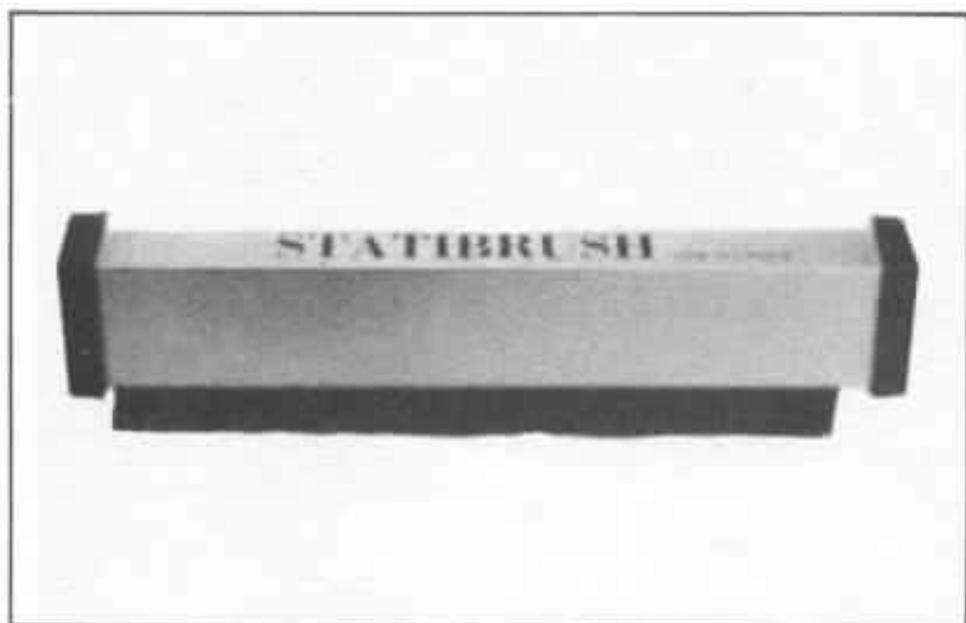


Vue grossie des poils d'une brosse à disques.



Pince pour la manipulation des disques.

d'un burin usagé par exemple. Dans le cas d'une lecture humide prolongée, ces rayures disparaissent, il y a moins « d'arrachements » de la matière mais cette matière s'use aussi, le disque comme le diamant. On constate d'autre part qu'aux fréquences élevées, l'usure provoque un véritable « déplacement des ondulations » (décalage géométrique), dû à l'inertie de la pointe lectrice et à l'usure se faisant d'une façon « orientée ». Par contre, sur le disque traité « à sec », grâce aux nouveaux lubrifiants, on constate que ces rayures, ces stries sont pratiquement absentes. Tout se passe comme si la pointe passait immédiatement « par dessus » ces poussières, petites mais très dures, vu que l'on remarque des stries, très courtes cette fois, réduites parfois à des trous de forme allongée. En ce qui concerne l'usure du disque, on peut donc affirmer qu'elle est réduite, ce qui confirme l'efficacité de ce nouveau type de lubrifiant. Quant à l'usure de la pointe lectrice, on constate par contre une faible amélioration, se situant aux alentours de 10 à 15 %. Ceci semble quelque peu inférieur aux valeurs annoncées par les fabricants, bien qu'il y ait effectivement une amélioration. Il n'a cependant pas été prouvé que certains produits avaient la propriété de durcir la surface du disque, ceci d'autant plus que le lubrifiant « solide » ne pourrait alors que faire augmenter l'usure de la pointe lectrice. Il est pourtant exact de dire que le sillon (ainsi que le diamant) se trouve, après un certain nombre de passages, comme « poli » par le lubrifiant, ce qui est donc à l'avantage des réductions du bruit de surface.



Brosse « Statibrush ».

Sur des passages silencieux, on remarque par contre, après environ 500 heures de lecture, une légère augmentation du bruit de surface, qui, en raison de l'effet de polissage, se traduira à l'audition par une sorte de souffle, d'ailleurs très faible. En l'absence de traitement, ce bruit de surface est plus important et réparti sur le spectre sonore d'une façon beaucoup plus inégale.

Concernant ces produits, encore nouveaux sur le marché, il reste encore à reconnaître leur efficacité après plusieurs années d'usage. Leur influence sur les

pâtes de vinyle semble nulle, sinon totalement négligeable, et leurs caractéristiques anti-statiques ne baissent que très lentement avec le temps. Les mesures ne donnent qu'une baisse de 5 à 15 %, que ce soit après plus de 100 passages ou même deux ans plus tard. Ils ne sont pas sensibles à l'humidité, car ils sont eux-mêmes miscibles dans l'eau (ceci représente une grande réussite) et semblent bien adhérer au sillon. Pour ce qui est de l'homogénéité de la couche « protectrice », toujours très fine et, de plus, transparente, un examen au microscope, serait-il vu avec

un grossissement de 3 000 fois, ne donnerait aucune indication valable. Il faudrait, pour cela, faire appel aux microscopes de type SEM, microscopes à fort grossissement (10 000 fois), dont le principe à balayage donne une profondeur de champ exceptionnelle. Dans un prochain article, il est possible qu'il soit fait appel à de telles mesures pour mieux déterminer l'efficacité de ces divers produits.

En résumé, on ne peut que confirmer les avantages de ces nouveaux traitements, procurant un son plus détaillé, « coulant mieux » et moins distordu aux fréquences élevées. A sec, certains comparent en effet le passage de la pointe lectrice dans le sillon à l'avance par à-coups, comme celui d'une gomme sur du plastique, ce qui semble exact dans la réalité. C'est un effet qu'ont si bien su supprimer ces nouveaux lubrifiants solides.

Cependant, malgré les nouveaux produits de nettoyage du sillon, faisant parfois appel à des pâtes que l'on retire ensuite, on ne peut se préserver des phénomènes de vieillissement naturel du disque actuel (craquelures de la surface au bout d'une dizaine d'années), défauts que ne connaissent pratiquement pas les 78 tours en shellac d'autrefois.



**Page non
disponible**

Un générateur de bruits (rose et blanc)

Gabriel Kossmann

L'étude d'un montage électronique débute toujours par l'élaboration d'un schéma, accompagné de calculs. On passe ensuite à l'application pratique en procédant à la réalisation de ce montage, au terme de laquelle se succèdent les tests et les mesures.

Les mesures classiques en « audiofréquence », sur les circuits électroniques, nécessitent un minimum d'appareillage :

- un générateur de fréquences sinusoïdales et rectangulaires, basse distorsion dans la gamme 10 Hz à 100 kHz,
- un voltmètre et un millivoltmètre alternatifs électroniques,
- un oscilloscope sensible.

La plupart des techniciens possèdent ce minimum d'appareils car, depuis quelque temps, il est possible de s'équiper pour un budget raisonnable. De plus, le choix est vaste sur le marché. Mais, lorsqu'on veut effectuer des mesures en électro-acoustique par exemple, telles que sur la réponse en fréquence d'un haut-parleur ou d'une enceinte, les vibrations, la réverbération, l'isolation aux bruits, la diaphonie, ou le rapport signal/bruit, etc., on se trouve souvent dépourvu, surtout depuis les nouvelles normes instituées en France. Bien sûr, les appareils cités ci-dessus permettront aussi beaucoup de mesures sur les amplis, préamplis, ainsi que sur les haut-parleurs et enceintes acoustiques, mais l'idéal serait de posséder un générateur de bruits aléatoires.

Après avoir fait le tour des possibilités d'achat d'un générateur de bruit disponible sur le marché, le choix est aisé : il n'y a presque rien d'abordable pour l'amateur. Bien sûr, les grands spécialistes, parmi les plus con-

nus, en proposent, mais à quel prix ! Ce sont des appareils pour professionnels, donc du bon matériel performant et fiable. Leur seul défaut en est le prix. C'est quasiment inabordable pour l'amateur. Etant confronté

à ce problème, il a donc fallu se mettre au travail et réaliser son propre générateur.

Notre réalisation n'a pas la prétention de détrôner celles des « grands », mais elle trouvera sa place dans le laboratoire de

l'amateur et, pourquoi pas en toute modestie, chez les professionnels, car ses caractéristiques sont très intéressantes, à condition d'utiliser des composants de qualité et de tolérances serrées. Mais, est-il nécessaire de le rappeler aux « Audiophiles » et aux techniciens ?

Les bruits

Il y a deux catégories importantes de bruits : les bruits blancs et les bruits roses (en anglais « white noise » et « pink noise »). Ce sont des bruits synthétiques.

La différence entre ces deux catégories de bruits se situe dans leur amplitude, relative à chaque fréquence.

Le bruit blanc

Il est caractérisé par une amplitude croissante de + 3 dB par octave de fréquence. L'énergie est constante par unité de bande passante. Exemple : de 40 à 60 Hz, de 2 000 à 2 020 Hz, etc.

Un tuner, calé entre deux stations, délivre approximativement un bruit blanc.

Le bruit rose

Il est caractérisé par une réponse d'amplitude plate par octave de fréquence. L'énergie est constante par octave. Exemple : de 20 à 40 Hz, de 40 à 80 Hz, de 80 à 160 Hz, etc.

On obtient du bruit blanc en utilisant l'un des défauts des semi-conducteurs : le bruit intrinsèque du cristal, dû à l'agitation thermique des porteurs. Les composants les plus utilisés comme source de bruits blancs sont soit une diode zéner polarisée avec un faible courant zéner, soit un transistor avec le collecteur non connecté à une source de tension (une patte en l'air), c'est-à-dire monté en effet zéner. Le problème majeur de ces sour-

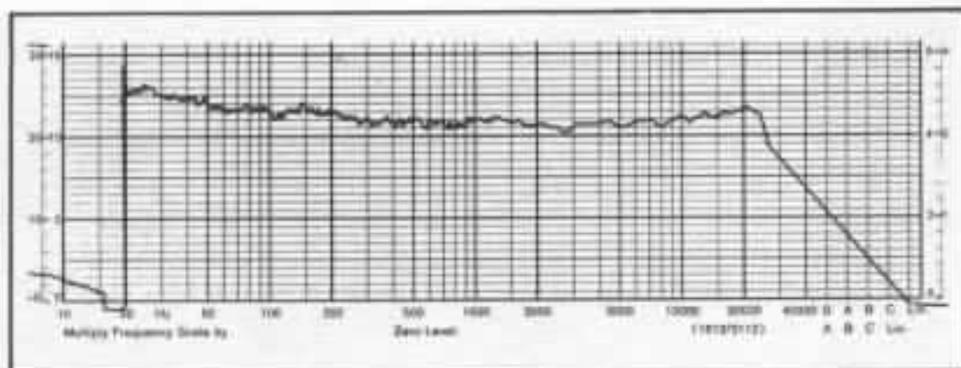


Fig. 1 : Exemple d'un 2N 2222 ne convenant pas.

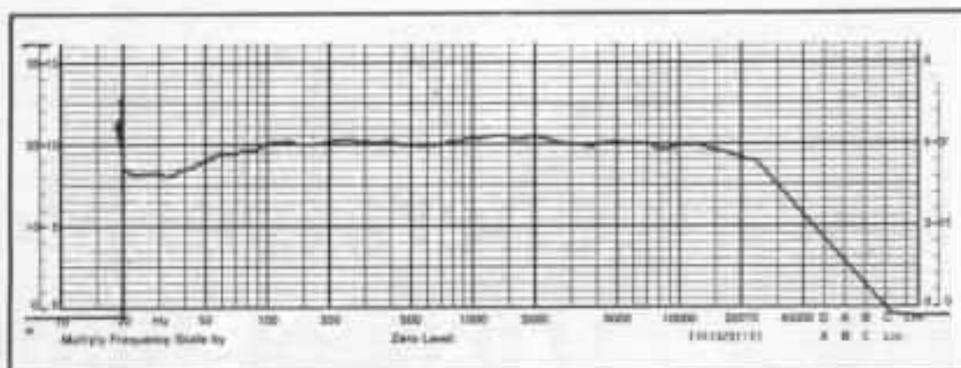


Fig. 2 : Autre exemple d'un 2N 2222 ne convenant pas.

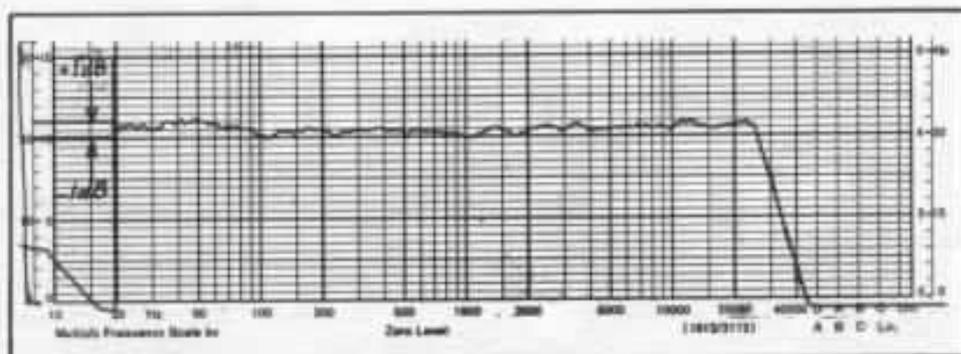


Fig. 3 : Transistor 2N 2222 satisfaisant. La courbe tient à ± 1 dB.

ces, c'est qu'il y a une telle quantité de références et de types de fabrication qu'il est difficile de faire un choix. Après de longues et fastidieuses investigations, ce sont les transistors du type 2 N 2222 et 2 N 1711 qui donnèrent les meilleurs résultats, c'est-à-dire une bande passante étendue pour une énergie constante. Mais, quel labeur ! Il a fallu trier pas moins de 200 transistors pour en obtenir 3 susceptibles d'être exploités. Et, sans un matériel sophistiqué tel qu'un analyseur hété-

rodyne, l'opération était impossible. Les figures 1 et 2, qui représentent deux courbes relevées avec deux transistors 2 N 2222, montrent les différences entre ces deux composants qui ne sont pas exploitables. Par contre, la figure 3 montre une bande passante relativement linéaire, car elle tient dans un gabarit de ± 1 dB.

Le montage, qui sert à trier les transistors en vue d'une utilisation comme source de bruit blanc pour notre générateur, est représenté sur la figure 4. Les

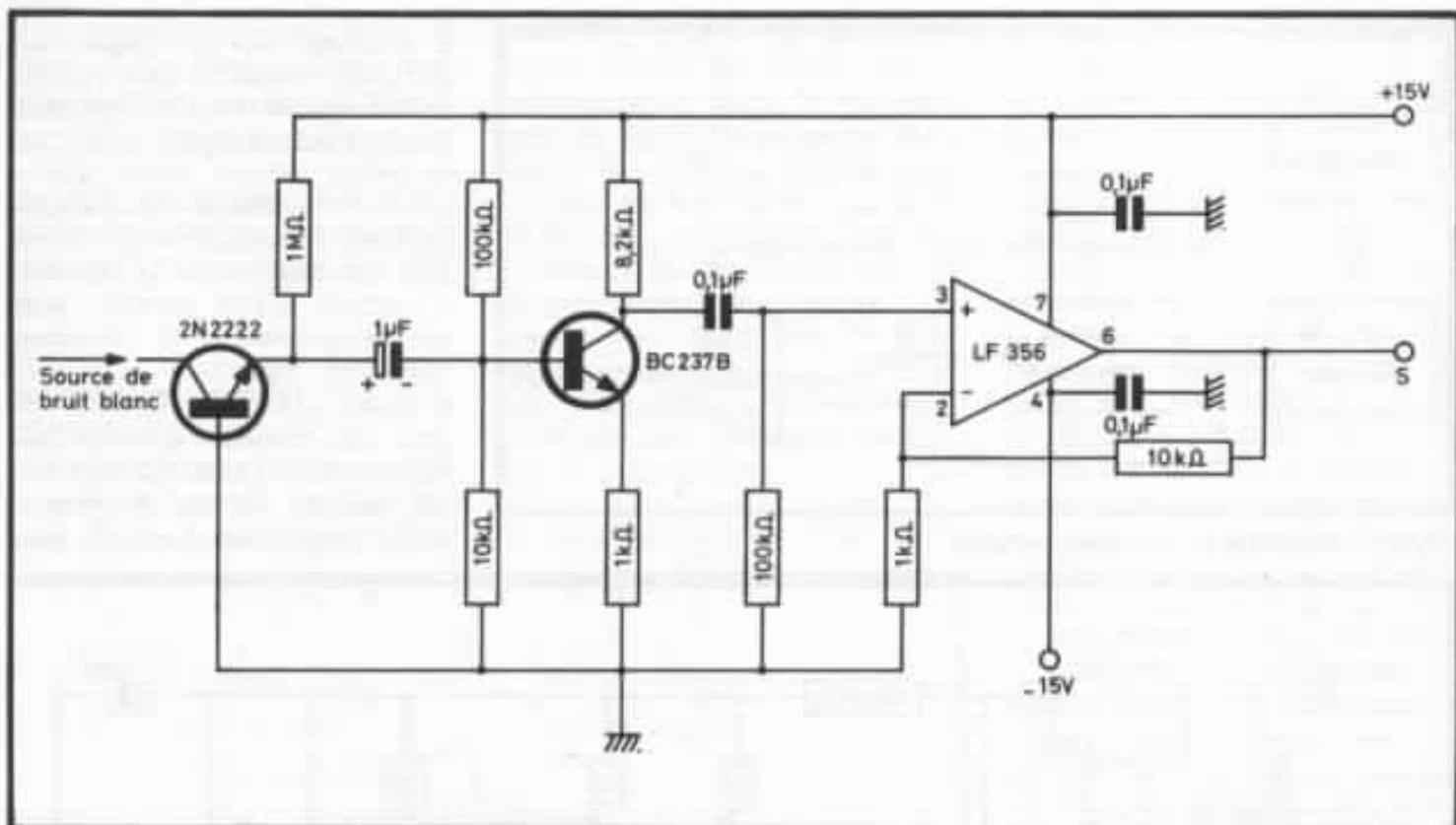


Fig.4 : Montage pour le tri des sources de bruit blanc.

performances sont satisfaisantes, mais à quel prix ! Il est impossible pour l'amateur d'envisager une telle réalisation sans risque d'échec. De plus, comme on utilise le bruit thermique du semi-conducteur, on imagine aisément ce qui va se passer si la température varie. Bien entendu, avec l'électronique, on peut pallier à ce défaut. Bruel et Kjaer utilise deux diodes zéner, rigoureusement triées et appariées, le tout enfermé dans une enceinte thermostatée.

Une solution idéale existe et c'est National Semiconductor qui la propose, avec un circuit intégré MOS, étudié spécialement pour servir de source de bruit blanc. Le schéma et le montage se simplifient, tout en gardant des performances très séduisantes.

Ce circuit présente les avantages suivants :

- une qualité de bruit uniforme,
- une amplitude de bruit uniforme,
- une sortie à haut niveau simpli-

fiant le schéma,

- un oscillateur interne,
- un faible encombrement.

Description du circuit MM 5837

Le MM 5837 est une source de bruit digital en technologie MOS. C'est un générateur de séquences aléatoires, étudié pour produire un signal de bruit blanc dans une bande passante suffisamment large pour être exploi-

tée en mesure audiofréquence.

A l'inverse des générateurs traditionnels tels que les diodes zéner ou la jonction base-émetteur d'un transistor, le MM 5837 produit un bruit très uniforme et de bonne qualité, ainsi qu'une amplitude de sortie constante. Le schéma interne simplifié est donné à la figure 5. Le circuit intégré renferme un générateur d'horloge, un registre

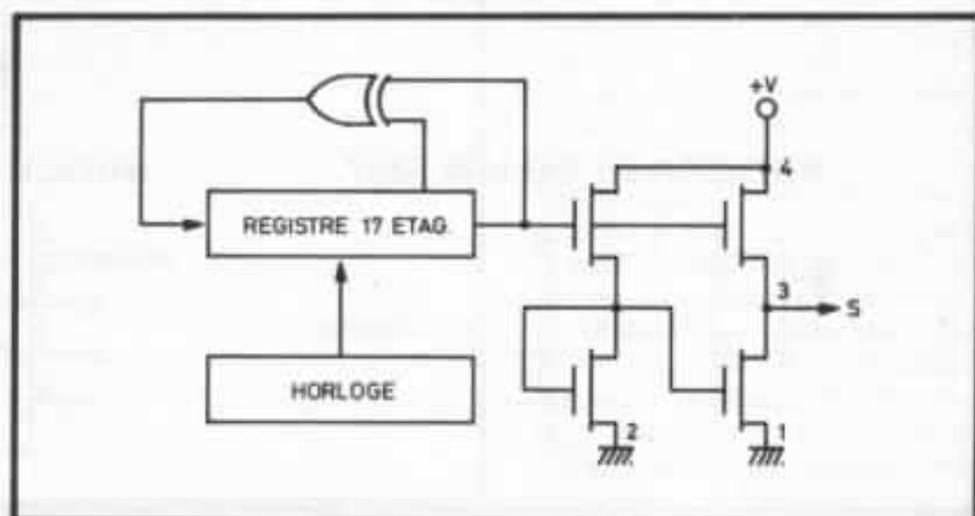


Fig.5 : Schéma interne du MM 5837.

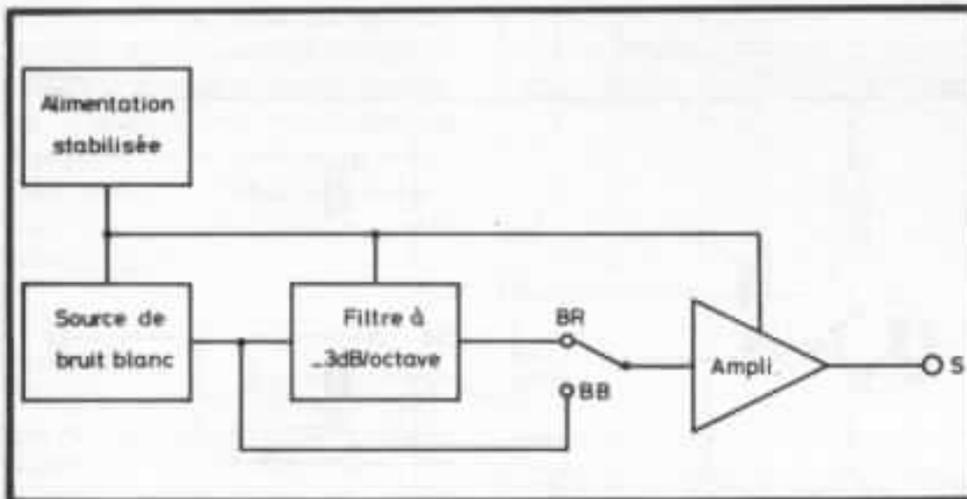


Fig.6 : Synoptique du montage complet.

à décalage de 17 étages, une porte ou exclusif à deux entrées, en contre-réaction, et empêche le blocage sur un signal haut.

Le cycle total de la séquence de bruit à la sortie est d'environ 131 par rapport à la fréquence d'horloge. Cette dernière n'est pas programmable de l'extérieur, mais, en modifiant la tension d'alimentation du circuit, elle peut être modifiée dans les limites suivantes : 55 à 119 kHz avec une tension variant de 14 à 15 volts. Pour notre montage, nous

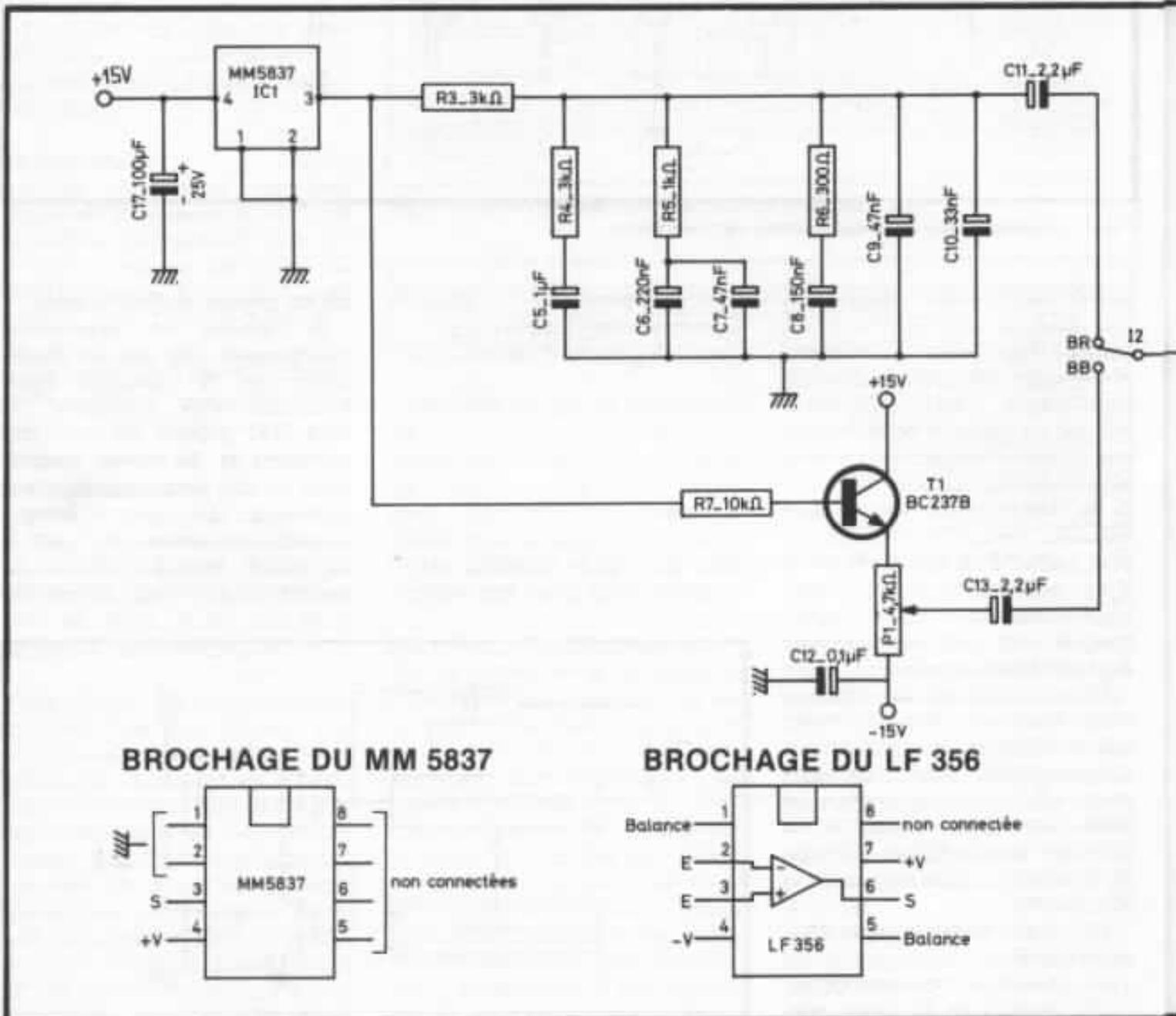


Fig.7 : Schéma complet.

avons adopté une valeur de + 15 volts, il en résultera une fréquence d'horloge de 119 kHz et un cycle de séquences de 1,1 s.

Nous vous faisons grâce de l'explication détaillée d'un tel système qui est de la logique digitale, car là n'est pas notre propos.

Le schéma complet

(Se référer à la figure 7.)

Le synoptique du montage est donné à la figure 6. On distingue tout d'abord une alimentation

stabilisée, alimentant les différentes parties du circuit, puis le générateur de bruit blanc, suivi par un filtre de pondération à pente de - 3 dB par octave pour obtenir du bruit rose. Les deux bruits sont sélectionnés par un commutateur et dirigés sur un amplificateur de tension. Le signal sera disponible en très basse impédance, ce qui permettra d'attaquer n'importe quel montage sans difficulté d'adaptation d'impédance.

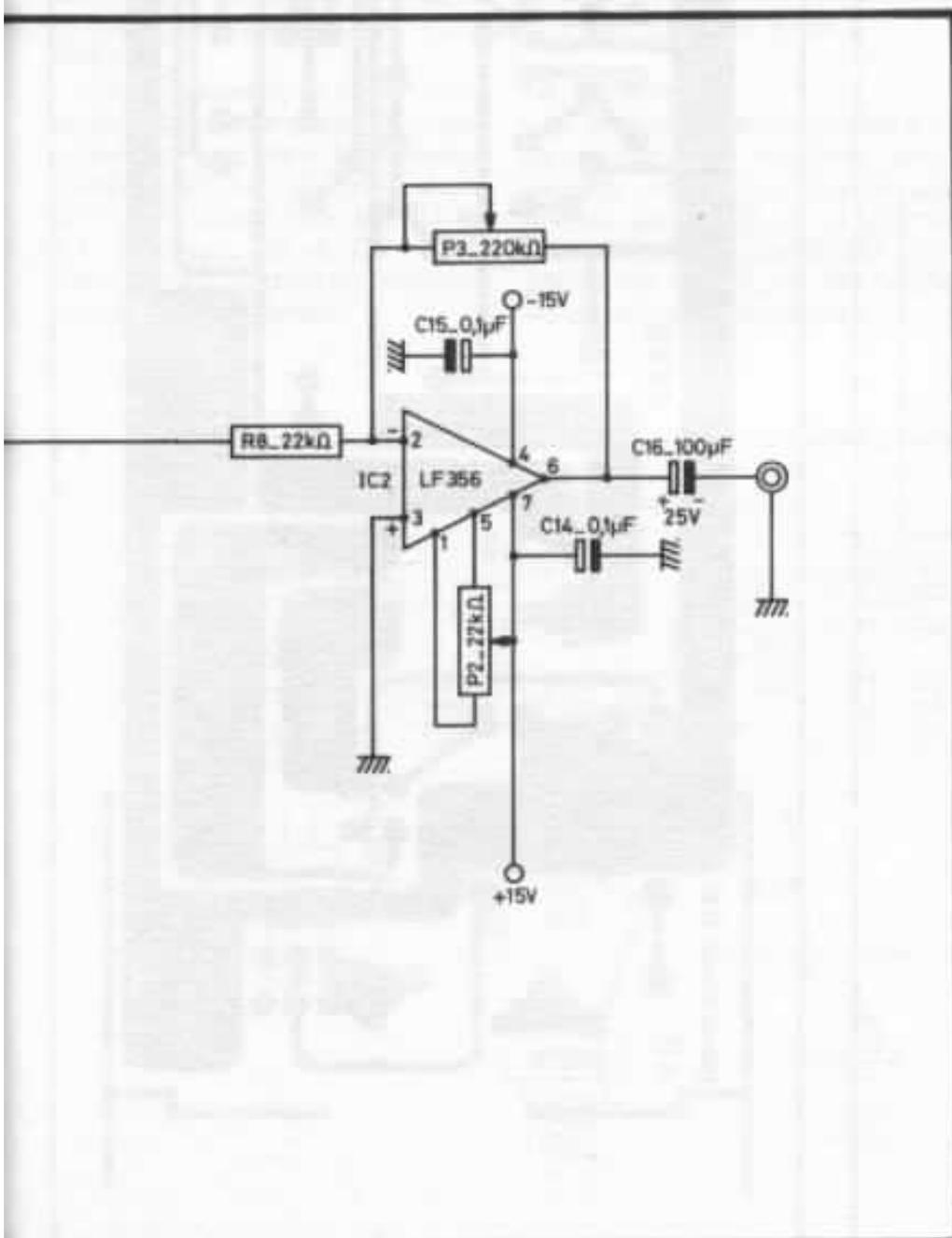
Le générateur de bruit blanc

IC 1 est le cœur du montage. Il est alimenté à la borne 4 par le + 15 volts et découplé énergiquement par C17 - 100 μ F. Le signal de bruit disponible à la broche 3 est dirigé sur un réseau passif, via R3 - 3 kohms. Le réseau est constitué par R4 - 3 kohms, C5 - 1 μ F, R5 - 1 kohm, C6 - 220 nF et C7 - 47 nF (en parallèle = 267 nF au total), R6 - 300 ohms, C8 - 150 nF et enfin C9 - 47 nF et C10 - 33 nF (en parallèle = 80 nF). La mise en parallèle de certains condensateurs a permis d'utiliser des valeurs standards, ce qui donnera la possibilité à tout un chacun de les trouver sans difficulté.

L'ensemble forme le filtre de pondération à - 3 dB/octave pour obtenir le bruit rose. Ce dernier est connecté au plot BR de l'inverseur 12, par l'intermédiaire de C11 - 2,2 μ F (qui bloque la composante continue et est de valeur suffisante pour permettre de passer les plus basses fréquences).

Revenons sur IC 1. A la borne 3, le bruit blanc est dérivé sur la base de T 1 - BC 237 B, via R7 - 10 kohms. On récupère le signal sur le curseur de P1 - 4,7 kohms, qui servira à ajuster le niveau pour attaquer l'amplification et à être à un niveau moyen égal au bruit rose. Cet étage est en émetteur suiveur, afin d'obtenir une sortie basse impédance. Le bruit blanc est connecté au plot BB de l'inverseur 12, à travers C13 - 2,2 μ F. Le commun de 12 sélectionnera le type de bruit et commutera l'un ou l'autre sur l'entrée inverseuse de l'opérationnel IC2 - LF 356, dont le gain est réglable de 0 à 10 par la résistance variable de contre-réaction P3 - 220 kohms log. IC2 est alimenté en \pm 15 volts et découplé au plus près des broches par C15 et C14 - 100 nF. Le potentiomètre ajustable P2 - 22 kohms servira au réglage d'offset, en sortie de l'ampli.

Le signal amplifié est transmis



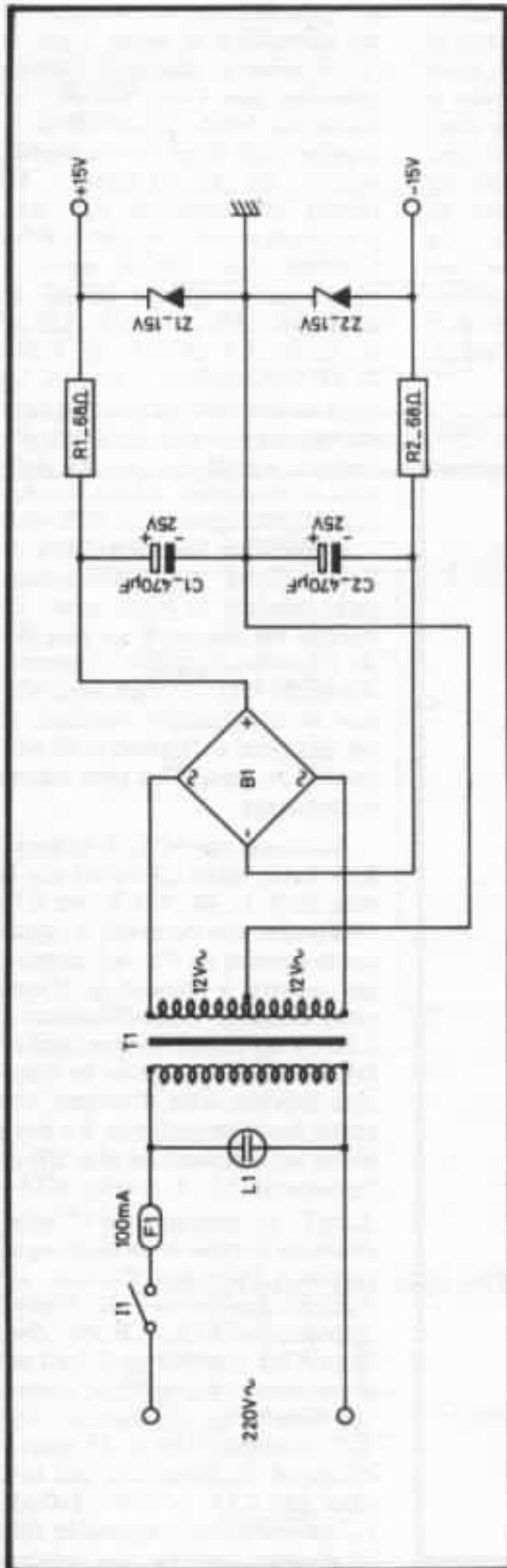


Fig.8 : L'alimentation $\pm 15V$

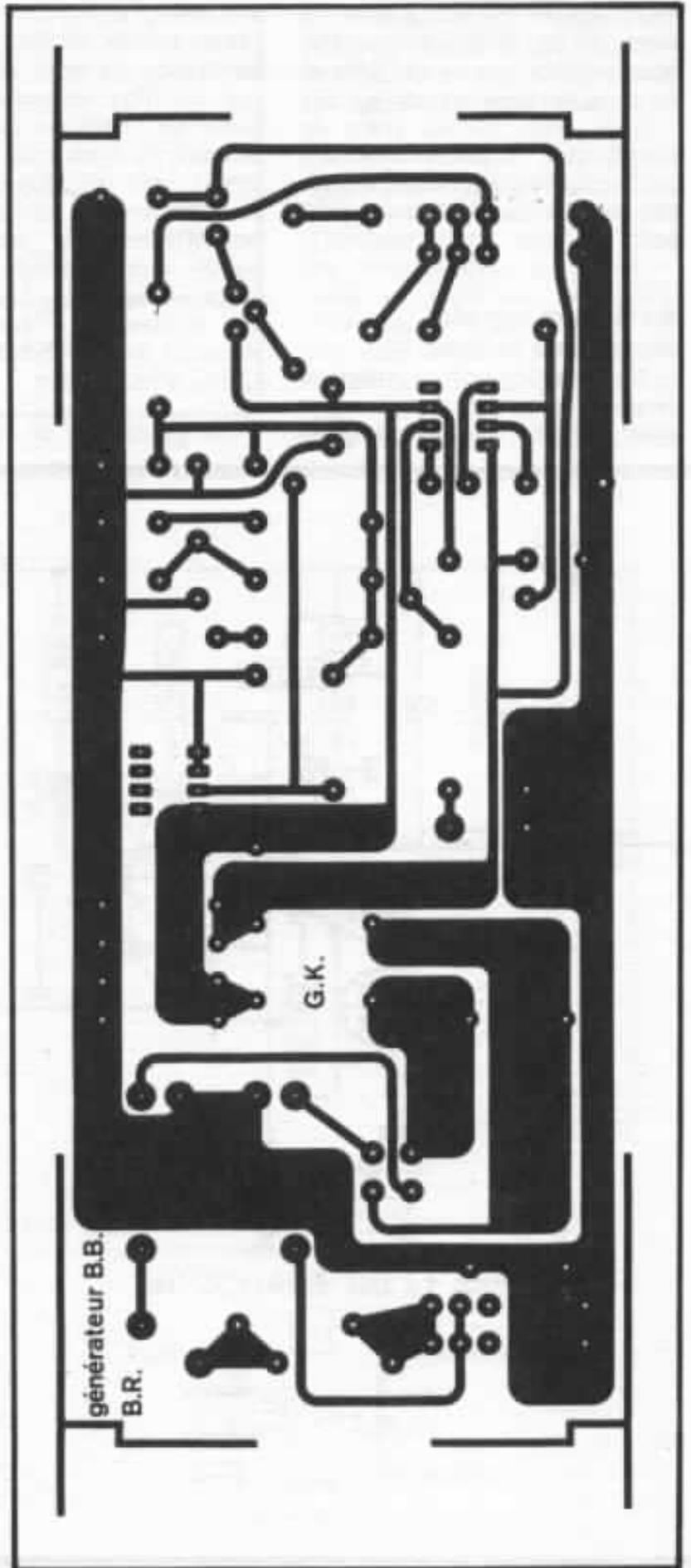


Fig.9 : Circuit imprimé

à la borne de sortie, à travers le condensateur C16 - 100 μ F.

L'alimentation

(Se référer à la figure 8.)

Le 220 volts secteur est commuté par I1, via le fusible rapide de 100 mA, au primaire du transformateur Tr1, dont les deux secondaires reliés en série délivrent 2×12 volts alternatifs, par rapport à un point milieu qui est la masse. Le redressement double alternance s'effectue par le pont moulé B1. La tension redressée est filtrée efficacement par C1 et C2 - 470 μ F.

Compte tenu de la faible consommation du montage, la régulation a été confiée à deux diodes zéner Z1 et Z2 - 15 volts, dont les courants sont fixés par R1 et R2 - 68 ohms. C3 et C4 - 1 μ F découplent et filtrent les tensions régulées par les zénés.

Le circuit imprimé

(Se référer à la figure 9.)

Le dessin, relativement aisé à reproduire, est à l'échelle 1. Il pourra être tracé sur une feuille de mylar à l'aide de pastilles et de pistes prévues à cet effet.

Le circuit imprimé a été exécuté sur du verre époxy de 15/10^e d'épaisseur, avec une piste de cuivre de 35 microns d'épaisseur, étamée au rouleau.

Ceux qui n'auraient ni les moyens techniques, ni le temps de fabriquer le circuit imprimé, pourront en faire la demande à la rédaction de la revue.

Le montage

L'implantation est donnée à la figure 10. On constate que, excepté le potentiomètre de niveau de sortie et la borne cinch, tous les composants sont placés sur le C.I., ce qui limite les connexions extérieures.

Nous avons monté l'ensemble dans un coffret d'aluminium profilé, dont l'encombrement réduit en fait un instrument très compact.

Essais et réglages

Après avoir contrôlé le module câblé, on effectuera les opérations suivantes :

- ajuster P2 en position milieu ;
- mettre le circuit sous tension et, à l'aide d'un voltmètre continu, s'assurer de la bonne régulation du ± 15 volts sur Z1 et Z2 ;
- mettre l'interrupteur-secteur sur arrêt et l'inverseur I2 sur la position BB ;
- dessouder une patte du condensateur C13 - 2,2 μ F ;
- brancher le voltmètre continu sur la résistance P3 (sur le picot placé sur le C.I.), côté broche 6 de IC2 (LF 356) ;
- mettre le module sous tension

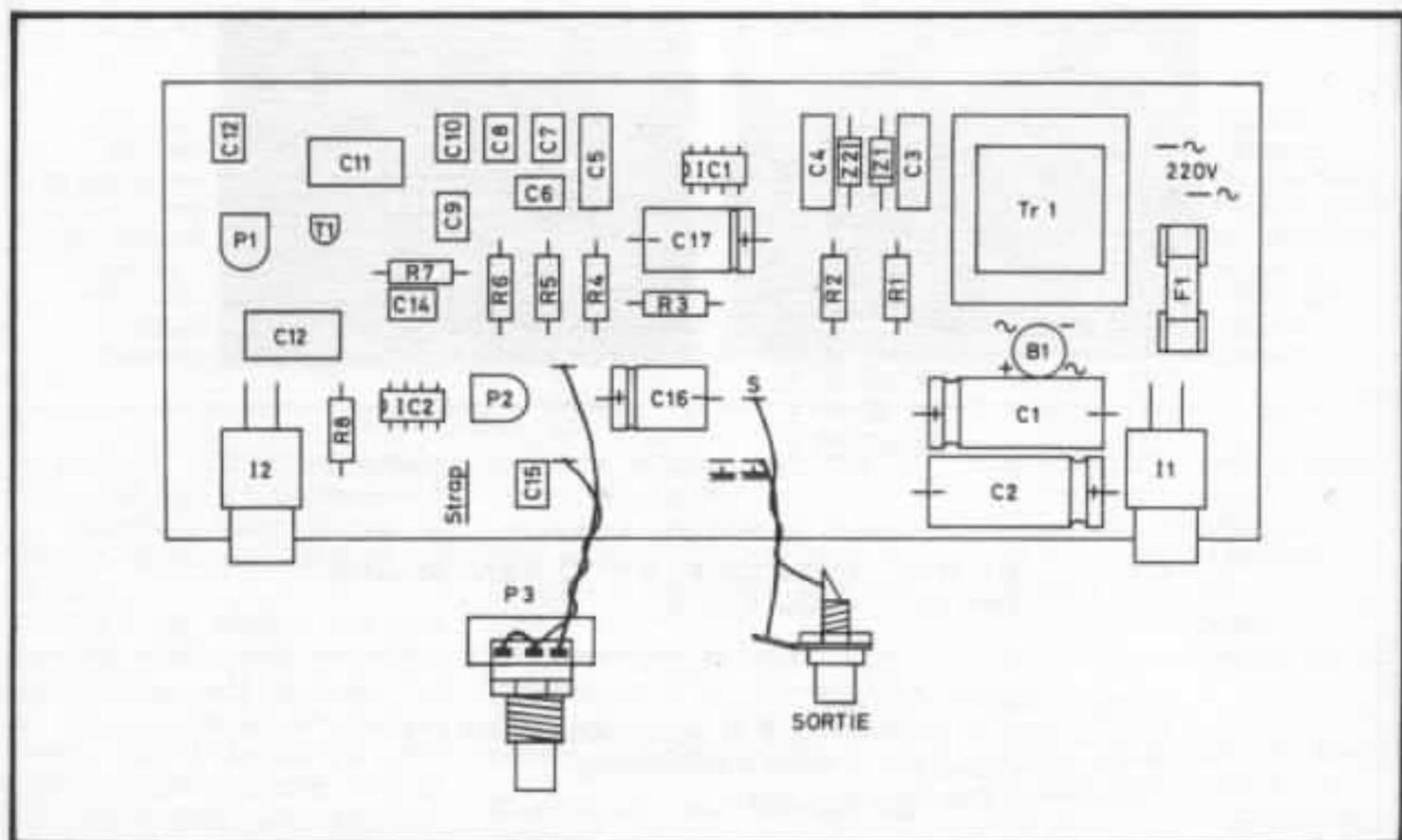


Fig.10 : Implantation.

Nomenclature

Semi-conducteurs

IC 1	MM 5837	National Semiconductor
IC 2	LF 356	National Semiconductor ampli Bi-FET
T1	BC 237 B	ou équivalent genre BC 107B, 108 ou 109
Z1-Z2	BZX85c-15 V	zéners 1,2 watt 15 volts
B1	W02	pont moulé pour C.I. 500 mA

Composants passifs

R1-R2	68 ohms	1/2 watt couche métallique SOVCOR Type N5
R3-R4	3 kohms	"
R5	1 kohm	"
R6	300 ohms	"
R7	10 kohms	"
R8	22 kohms	"

P1	4,7 kohms	potentiomètre pour C.I.
P2	22 kohms	"
P3	220 kohms log	potentiomètre pour panneau axe $\Phi 6$

C1 - C2	470 μ F/25 V	électrochimique
C16 - C17	100 μ F/25 V	"
C3 - C4 - C5	1 μ F/63 V	polyester Siemens plastipuce
C6	220 nF/63 V	"
C7 - C9	47 nF/63 V	"
C8	150 nF/63 V	"
C10	33 nF/63 V	"
C12	100 nF/63 V	"
C11 - C13	2,2 μ F/63 V	"
C14 - C15	100 nF/63 V	"

Tr1	BV 3323	Eberle 220 V - 2 \times 12 V Erel Boutique
F1	100 mA	fusible 5 \times 20

1 support fusible pour C.I.
 11 et 12 doubles inverseurs A.P.R. Radio-Relais pour C.I.
 L1 voyant-secteur 220 V Néon Radio-Relais
 1 fiche cinch femelle pour châssis

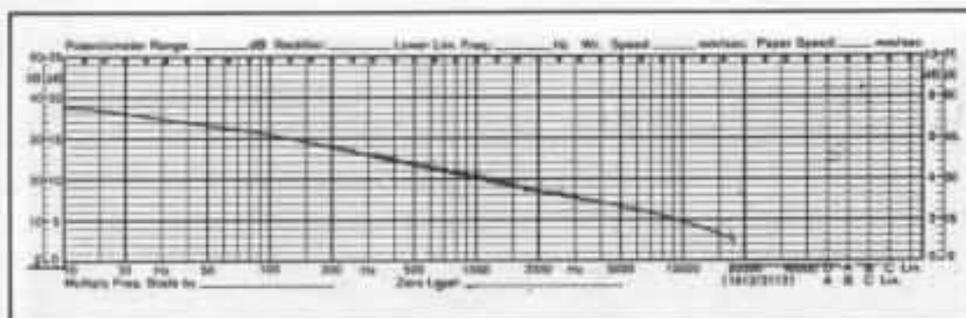


Fig. 11 : Réponse amplitude fréquence du filtre bruit rose (mesure en régime sinusoïdal).

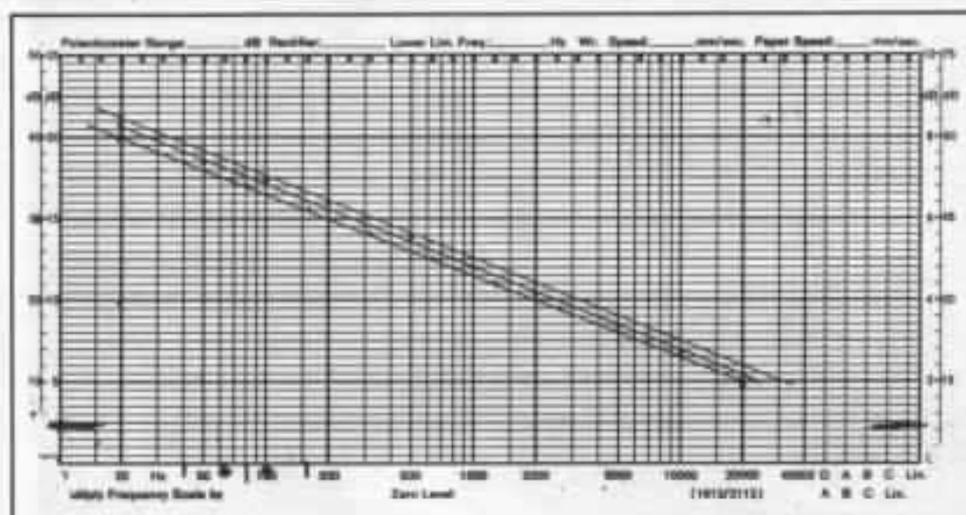
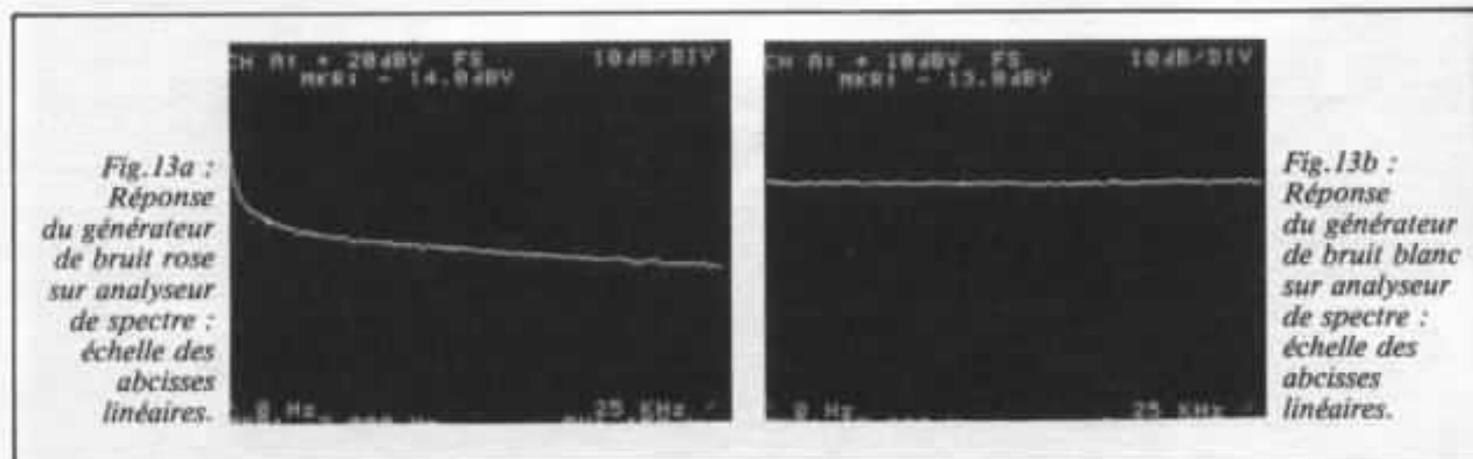


Fig. 12 : Réponse du générateur de bruit rose en échelle logarithmique.



et avec P2 - 22 kohms ajuster jusqu'à obtenir 0 V en lecture sur le voltmètre. Pour affiner le réglage, choisir un calibre de 1 V continu ;

Nota : ce réglage paraîtra superflu, étant donné que la liaison continue de la sortie de IC 2 est interrompue par un condensateur, mais le facteur de crête important du bruit rose (plus de 5) nous impose une excursion parfaitement symétrique du signal amplifié par IC 2, pour

éviter un rabotage de l'une ou l'autre alternance ;
 - couper à nouveau le secteur, puis ressouder la patte de C13 ;
 - mettre à nouveau sous tension ;
 - en branchant un oscilloscope à la borne de sortie, visualiser les deux sortes de bruit (voir les photos d'oscillogramme).

Equilibrage des niveaux de sortie

Si l'on dispose d'un voltmètre

efficace vrai ou valeur moyenne, on le connecte sur C11. On mesure la valeur du bruit rose. Ensuite, le voltmètre est connecté sur C13 et on ajuste P1 jusqu'à l'obtention de la même lecture que celle du bruit rose.

Nota : avec un oscilloscope, on pourra effectuer ce réglage par comparaison, en balayage très lent.

La phase réglage étant terminée, il ne reste plus qu'à mettre le module en boîte.

Conclusion

Ce générateur de bruit, d'un rapport qualité/prix à la portée de tout le monde, vient élargir le champ des mesures possibles pour les techniciens et les amateurs. Alors, à vos appareils. Faites-nous part de vos travaux et de l'intérêt que vous pouvez éprouver pour ce genre de réalisations, car nous envisageons la réalisation des appareils suivants :

- un redresseur valeur moyenne,
- un redresseur efficace vrai,
- un système d'écrtage réglable,
- un sonomètre de précision,
- un filtre d'octave,
- un filtre 1/3 d'octave,
- un analyseur en temps réel simplifié.

Nous remercions la Société National Semiconductor et, en particulier, M. Jean-Pierre Pujol, pour l'aide précieuse qu'ils nous ont fournie.

**Page non
disponible**

L'isolement de la salle d'écoute

Critères pratiques

Gustavo Altiéri

Dans l'Audiophile N° 17, nous avons exposé les fondements techniques de l'isolation acoustique. C'est ainsi que nous avons étudié l'effet des doubles cloisons comme conséquence du comportement des parois et des cavités. Cependant, il est évident que l'amateur moyen n'est pas toujours en condition de dresser des doubles parois en béton, ou de construire une dalle flottante. C'est pourquoi nous montrerons maintenant les moyens d'obtenir une bonne isolation acoustique à l'aide de matériaux d'application.

Les possibilités théoriques de blocage du passage de l'énergie acoustique ont été déjà décrites, passons donc directement au traitement des problèmes pratiques.

Construction d'une double cloison avec des matériaux légers

L'activité professionnelle nous a placés devant des réalisations de doubles cloisons montrant des résultats très décevants. Dans la plupart des cas, la responsabilité de l'échec ne revient pas aux matériaux, mais aux erreurs de montage du système isolant.

Regardons dans notre première figure la conjonction de plusieurs défauts de montage, situation hélas trop fréquente dans la réalité.

Les méthodes capables de rendre efficace le système de double paroi présentent quelques différences selon la nature de la cloison de renforcement. Une paroi lourde peut être directement associée à une cavité remplie d'un matériau absorbant, tandis qu'une cloison de faible masse surfacique exige l'installation de dispositifs complémentaires. Dans tous les cas, la désolidarisation mécanique entre la nou-

velle structure et les éléments existants doit être très soignée. Etant donné que, dans la majorité des cas, l'amateur choisit les matériaux non lourds, nos schémas portent sur ce type de solution avec quelques variantes qui dépendent de la situation particulière et des matériaux employés (figures 2 et 3).

Les difficultés de montage, qui dérivent du respect des conditions exprimées dans les figures précédentes, peuvent décourager certains mélomanes ne disposant pas du temps ou des outils nécessaires. Mais nous rappelons l'existence de très

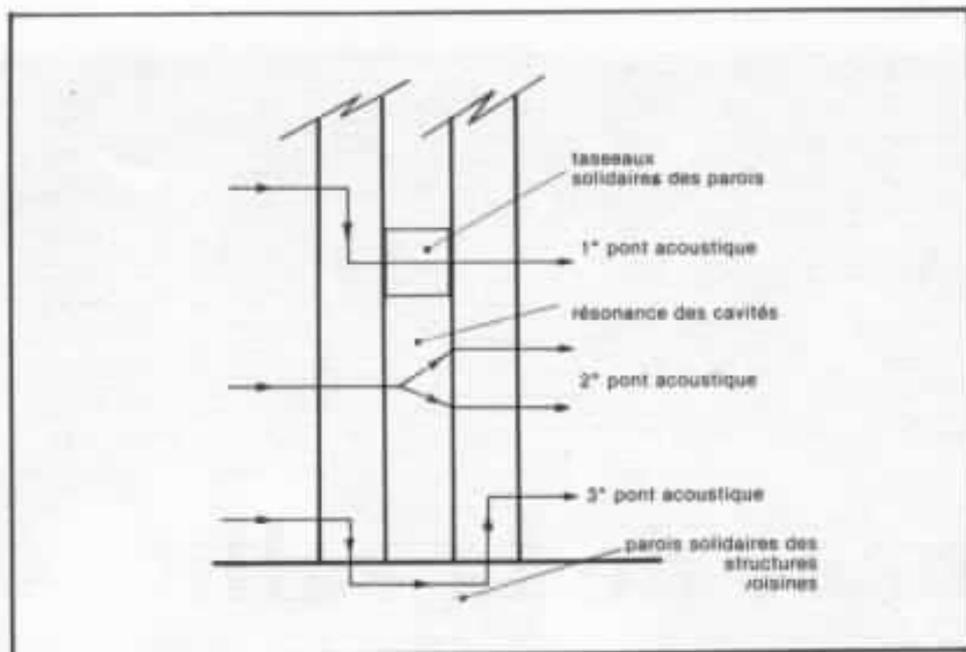


Fig. 1 : Défauts de montage des parois doubles représentés par la présence de « ponts acoustiques ».

bons produits qui peuvent s'appliquer directement sur la surface existante. Les éléments se présentent couramment sous forme de panneaux, et ils s'adaptent aux dimensions et formes du mur à traiter par découpe à la scie égoïne. Normalement, les produits industriels sont composés de deux ou trois matériaux superposés, selon les schémas de la figure 4.

Le matériau lourd peut être une feuille de plomb ou une plaque en plâtre, et, normalement, la surface admet une finition capable de s'adapter au décor d'une salle d'écoute. Les précautions à prendre sont tout aussi sévères que celles qui correspondent à l'installation d'une double cloison traditionnelle. Les ponts acoustiques les plus courants, ainsi que les moyens de les éviter sont groupés respectivement dans les figures 5 et 6.

Les méthodes décrites concernent uniquement les murs pleins, ce qui constitue seulement l'une des situations envisageables dans la pratique. Généralement, les surfaces importantes d'une salle sont occupées par des fenêtres et des portes, ce qui représente un secteur de perméabilité acousti-

dérée. Nous reviendrons, plus loin, sur les points pratiques de ce chapitre.

Un peu moins évidente que celle de l'épaisseur des vitres ou de l'exécution des joints est l'influence du coffre de volet roulant sur l'isolement acoustique. Dans la plupart des réalisations de ce type, l'ouverture de passage du volet représente une communication indirecte entre l'extérieur et l'intérieur de la salle. En même temps, les coffres de volet sont aussi utilisés comme supports des entrées d'air, ce qui complique les modifications éventuelles pour améliorer l'isolation de la pièce. Les schémas suivants, inspirés des travaux de J. Pujolle, montrent

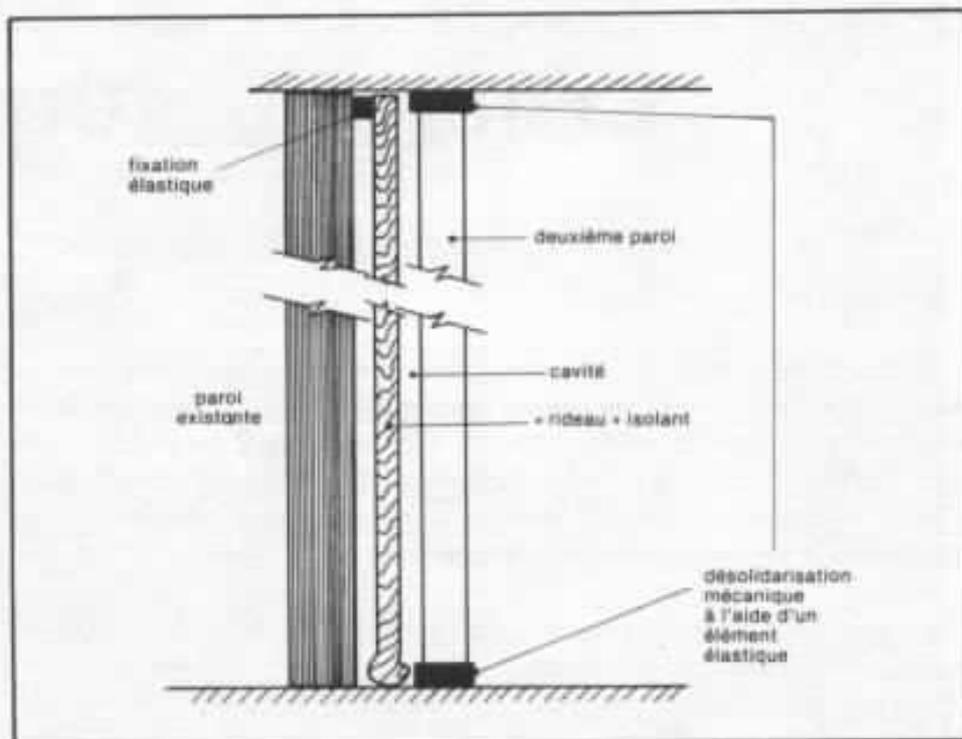


Fig. 2 : Montage correct d'une double paroi, le rideau isolant est constitué de deux matelas de fibres séparés par un élastomère.

que plus marquée, à cause de la nature des matériaux et de l'existence des fuites au niveau des joints. Ce type de problème a déjà été signalé dans nos articles précédents, ainsi que le respect, pour la part des vitrages et des portes, de la loi des masses exprimant le rapport entre l'affaiblissement acoustique et la masse surfacique de la structure consi-

un coffre courant et une modification adéquate (figure 7).

Fenêtres et portes

Le renforcement des propriétés acoustiques d'une fenêtre peut être obtenu à l'aide de trois procédés :

- utilisation d'un vitrage particulièrement épais ou d'un double vitrage,

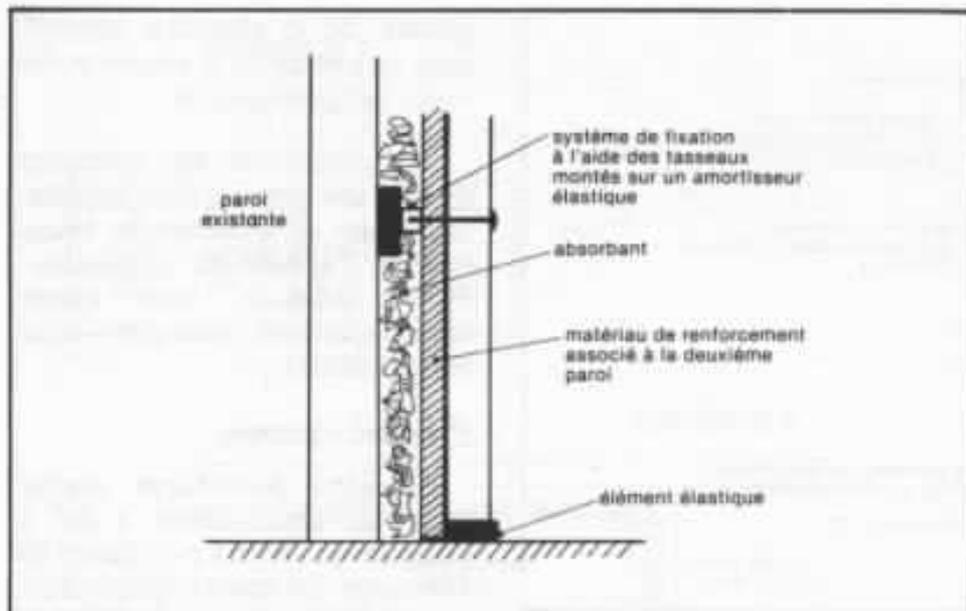


Fig. 3 : Montage correct d'une double paroi. Notez que malgré la solidité mécanique de l'ensemble, il n'existe pas une liaison rigide entre les deux parois.

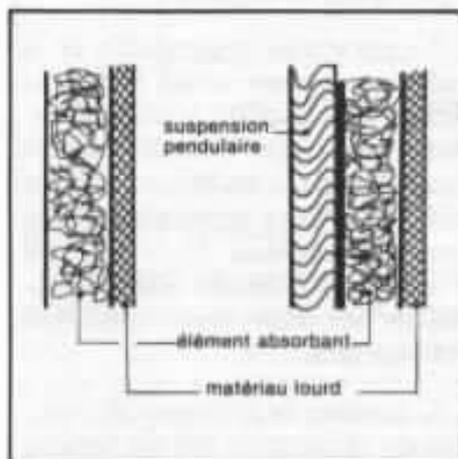


Fig. 4 : Matériaux d'isolement constitués de différentes couches d'éléments complémentaires.

- pose d'un survitrage sur la fenêtre existante,
- construction d'une deuxième fenêtre parallèle à celle existante.

La première solution passe toujours par l'achat d'un vitrage spécial et les caractéristiques d'isolement sont directement données par le fabricant. Les problèmes liés à cette méthode sont équivalents à ceux que l'on a trouvés dans les parois pleines. Naturellement, les secteurs de contact entre les matériaux différents (vitre-bois, vitre-métal) doivent être l'objet d'une attention spéciale.

Le survitrage représente une

solution heureuse, à condition de soigner le travail de montage des éléments :

- confection de joints de bonne qualité,
- l'épaisseur de verre doit être relativement importante et ceci est inversement proportionnel à la distance entre les deux vitrages.

La troisième solution, très avantageuse dans certaines con-

ditions, exige pratiquement les mêmes précautions que le cas précédent.

Les portes constituent un secteur particulièrement faible dans la capacité d'isolation d'un ensemble structural. Leur masse surfacique est toujours inférieure à celle du mur-support et elles présentent un jour entre le bord inférieur et le plancher, sans parler des joints au niveau de l'encadrement.

Sans tenir compte des portes acoustiques de conception spéciale, l'isolement s'améliore considérablement en appliquant des mesures précises au niveau des joints traditionnels et en bas de porte. Comme nous avons procédé tout au long de cet article, des schémas simples sont inclus à la place de longues descriptions écrites.

Les solutions présentes ont été choisies pour leur application aisée, elles constituent un remède efficace pour un grand nombre de problèmes d'isolement. Cependant, il faut signaler que chaque cas pratique possède ses caractéristiques propres, et que la réussite du traitement est toujours fonction du travail de dia-

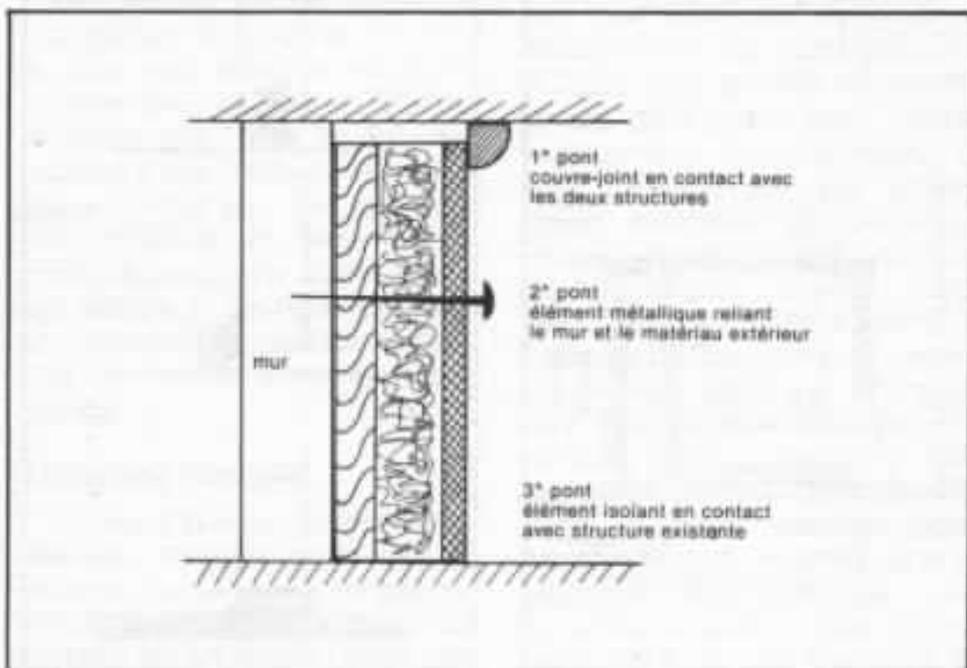


Fig. 5 : Les défauts les plus courants dans le montage des panneaux composites. L'existence inaperçue d'un de ces ponts peut rendre inefficace un traitement coûteux.

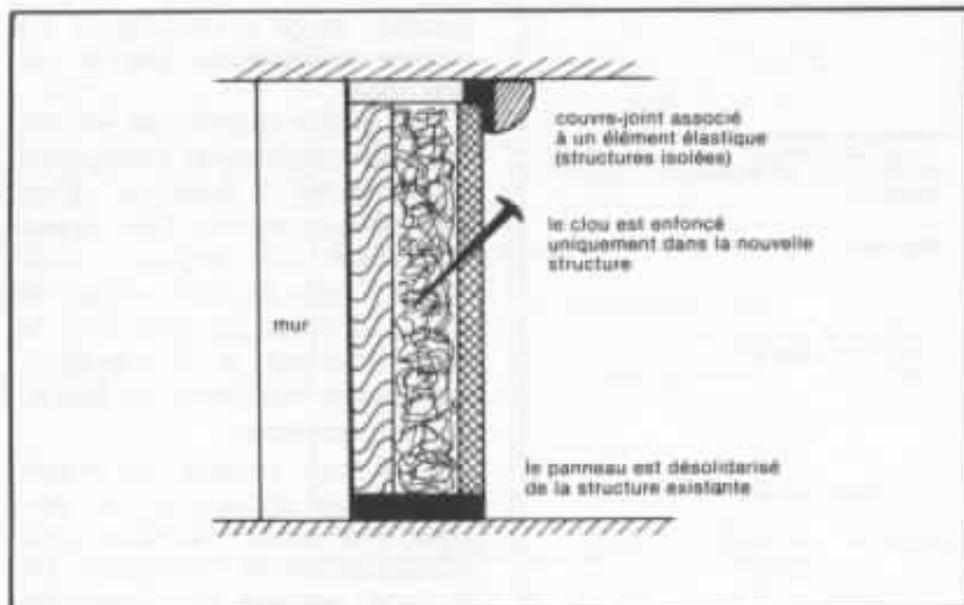


Fig. 6 : Précautions lors du montage des panneaux isolants.

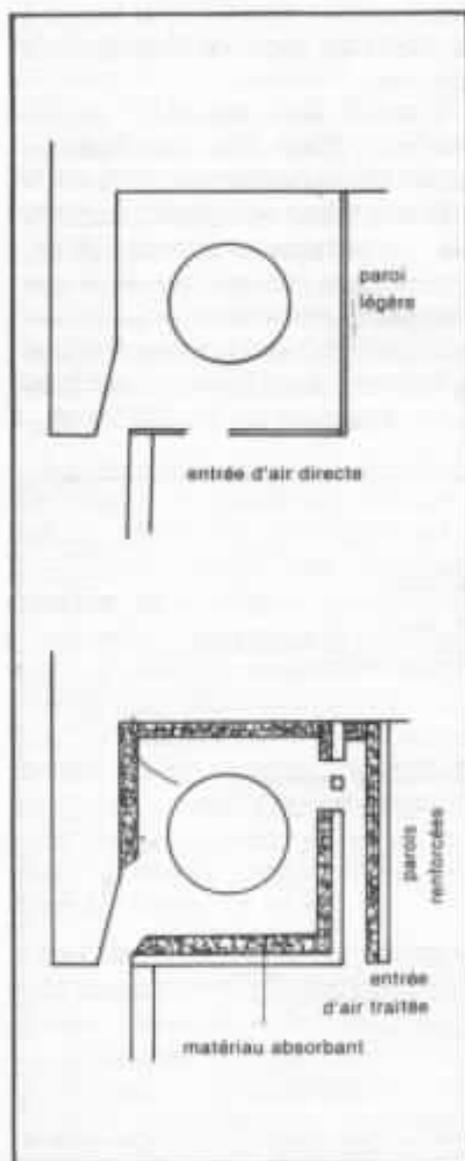


Fig. 7 : Modification correcte d'un coffre de volet.

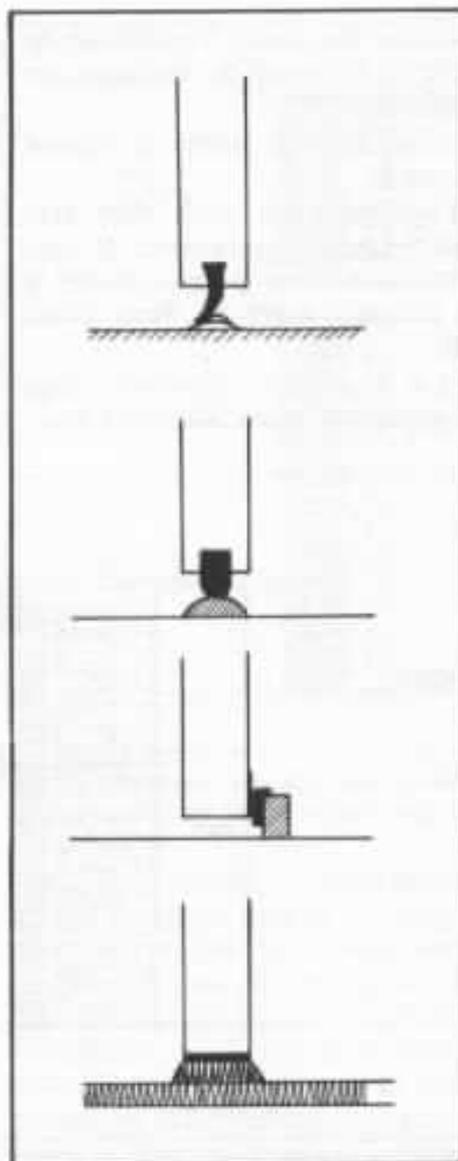


Fig. 8 : Quatre systèmes d'exécution de bons joints en bas de porte.

gnostic de la situation acoustique, au niveau de la source et des voies de transmission.

Les critères et les méthodes décrits ont trouvé leur application dans de nombreuses situations à l'échelle du particulier. Parmi celles-ci, nous avons choisi quelques exemples assez représentatifs.

Premier exemple

La gêne acoustique perçue dans un appartement a été à l'origine de sérieux problèmes de voisinage. La source sonore était une chaîne de reproduction musicale, placée dans la salle de séjour d'un appartement contigu, selon le schéma 9.

La personne responsable de la nuisance sonore avait pris à sa charge les modifications nécessaires, et une double cloison avait été érigée au niveau du mur mitoyen. Notre intervention a eu lieu à la demande du voisin, qui n'avait pas constaté une amélioration sensible des conditions acoustiques.

L'analyse de la situation a permis de détecter de graves défauts de pose du matériau isolant. Celui-ci, ayant malgré tout de bonnes propriétés acoustiques, était solidement fixé aux structures anciennes. De plus, l'humidité affectant le mur avait sérieusement contribué à changer les propriétés physiques du produit absorbant, qui faisait partie du matériau isolant. La solution a consisté à éliminer l'humidité du mur en question, facteur non directement « acoustique » mais intervenant dans le résultat final, et, naturellement, à poser ensuite un matériau multicouche, de qualité prouvée, en suivant scrupuleusement les critères expliqués antérieurement.

Un résultat positif a été enfin observé, mais au prix de travaux de double importance.

EXEMPLE 1

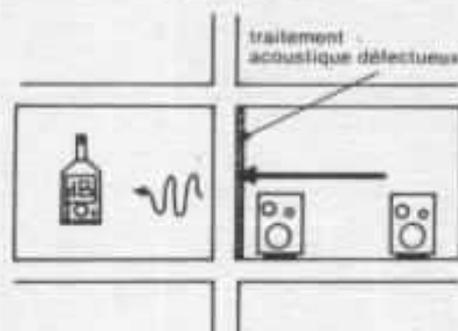
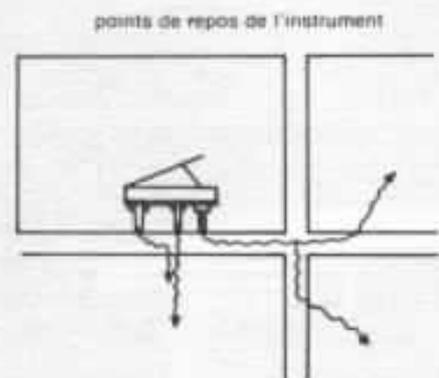


Fig. 9

EXEMPLE 2



caractéristiques du support amortisseur anti-vibratile

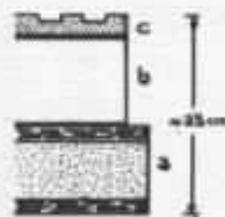


Fig. 10

EXEMPLE 3

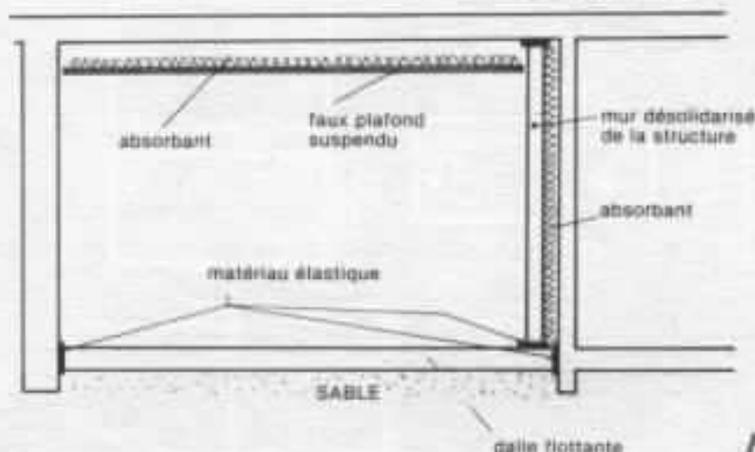


Fig. 11

Deuxième exemple

La figure 10 montre un cas de propagation solide affectant deux appartements, à partir d'une salle de musique où l'on joue du piano. Le type de son produit correspond à des impulsions de forte intensité, véhiculées par les pieds de l'instrument à la structure de l'immeuble. Pour ce cas, nous avons appliqué un amortisseur spécialement conçu pour désolidariser le piano du plancher, cet élément ayant les propriétés élastiques et structurales adaptées au type de signal, au poids et aux points de repos de l'instrument (fig. 10).

Le support se présente sous forme cylindrique et il est composé de trois couches de matériaux différents, mécaniquement associés :

- un élément amortisseur, composé d'une âme prise en sandwich entre deux couches de matière plastique,
- un élément structural, ayant

comme fonction la répartition des charges concentrées dans des surfaces limitées,

c) un élément anti-dérapant, permettant la pose de structures non fixables.

La version utilisée présente une surface d'appui de 28 cm^2 , et, pour une charge de 84 kg, le support montre une déflexion meilleure que 16 %, ce qui correspond à une fréquence de résonance $f_0 < 12 \text{ Hz}$. Les résultats sont excellents et, dans ce cas précis, les supports amortisseurs ont permis la pratique normale de l'instrument, tout en respectant le confort acoustique des voisins.

Troisième exemple

Ce cas s'éloigne du problème courant, d'abord parce que la nuisance acoustique a été prévue d'avance et, ensuite, à cause des moyens mis en œuvre. Dans une villa isolée, le propriétaire mélomane a destiné une salle à l'écoute musicale avec le souci

d'être à la fois isolé du bruit et de conserver un niveau sonore convenable dans le reste de la maison. La propagation solide a été traitée par le moyen le plus radical : toute la salle repose sur une dalle de béton flottante, appuyée sur une sous-base de sable et désolidarisée des murs adjacents à l'aide d'un produit élastomère spécial (fig.11). Les bruits aériens sont arrêtés, dans le secteur le plus sensible, par une double paroi construite en parpaings remplis de sable, possédant aussi un amortisseur absorbant placé entre les deux murs. Le mur intérieur est mécaniquement désolidarisé de la dalle par interposition d'un élément élastique. Un système analogue sépare ce mur des parois latérales. Un faux plafond, construit selon les règles les plus sévères, empêche la propagation supérieure par voie aérienne. Enfin, une porte acoustique permet l'accès à la salle. La figure 11 montre les caractéristiques générales de réalisation.

**Page non
disponible**

L'installation de M. Etienne

Gérard Chrétien

On nous a souvent reproché dans ces pages de ne pas parler d'installations d'audiophiles français. Il est vrai que, jusqu'à présent, ce sont surtout des installations japonaises qui ont été présentées dans ces colonnes. Il faut dire qu'en France, ces vingt dernières années, les vrais passionnés de haute fidélité s'étaient faits de plus en plus rares. Les quelques mordus qui subsistaient se retranchaient souvent dans leur univers, certainement pour des raisons de manque de compréhension, de communication... Au Japon, par contre, la tradition des grands amateurs de haute fidélité s'est perpétuée depuis les débuts, sans la discontinuité que l'on a pu observer chez nous. Heureusement, depuis trois ans, les choses ont beaucoup changé. Avec l'avènement de nouvelles idées et de la haute fidélité « haut de gamme », de nombreuses personnes ont alors pris conscience, en France, que leur passion pouvait s'appuyer sur des matériels qui sortent de la grande banalisation. Les critères, souvent mis en avant pour vanter les qualités de tel ou tel matériel, ne s'avéraient pas aussi déterminants que la publicité voulait bien le dire au niveau des résultats d'écoute. Les véritables passionnés comprenaient alors que la seule solution pour parvenir à des résultats exemplaires était, à l'exemple de leurs amis japonais, de mettre la « main à la pâte ». Nous vous proposons dans cet article la description de l'installation de M. Etienne, originale sur bien des points...

L'aventure de M. Etienne remonte à plus d'une dizaine d'années. Relater dans ces lignes tous les matériels qu'il a achetés et expérimentés serait beaucoup trop long. Bien sûr, au début, il s'est beaucoup attaché aux

enceintes acoustiques, pensant, comme tant d'autres à l'époque, qu'elles constituaient le maillon le plus faible du système. Mais que choisir ? Après bien des essais, fort coûteux, on se rend bien vite compte que rien n'est

parfait, et qu'il faut finalement chercher un compromis. Sa véritable orientation vers le haut de gamme remonte à 1977, époque où l'on découvrait, en France, les produits étonnants américains : Magnéplanar, Dayton-

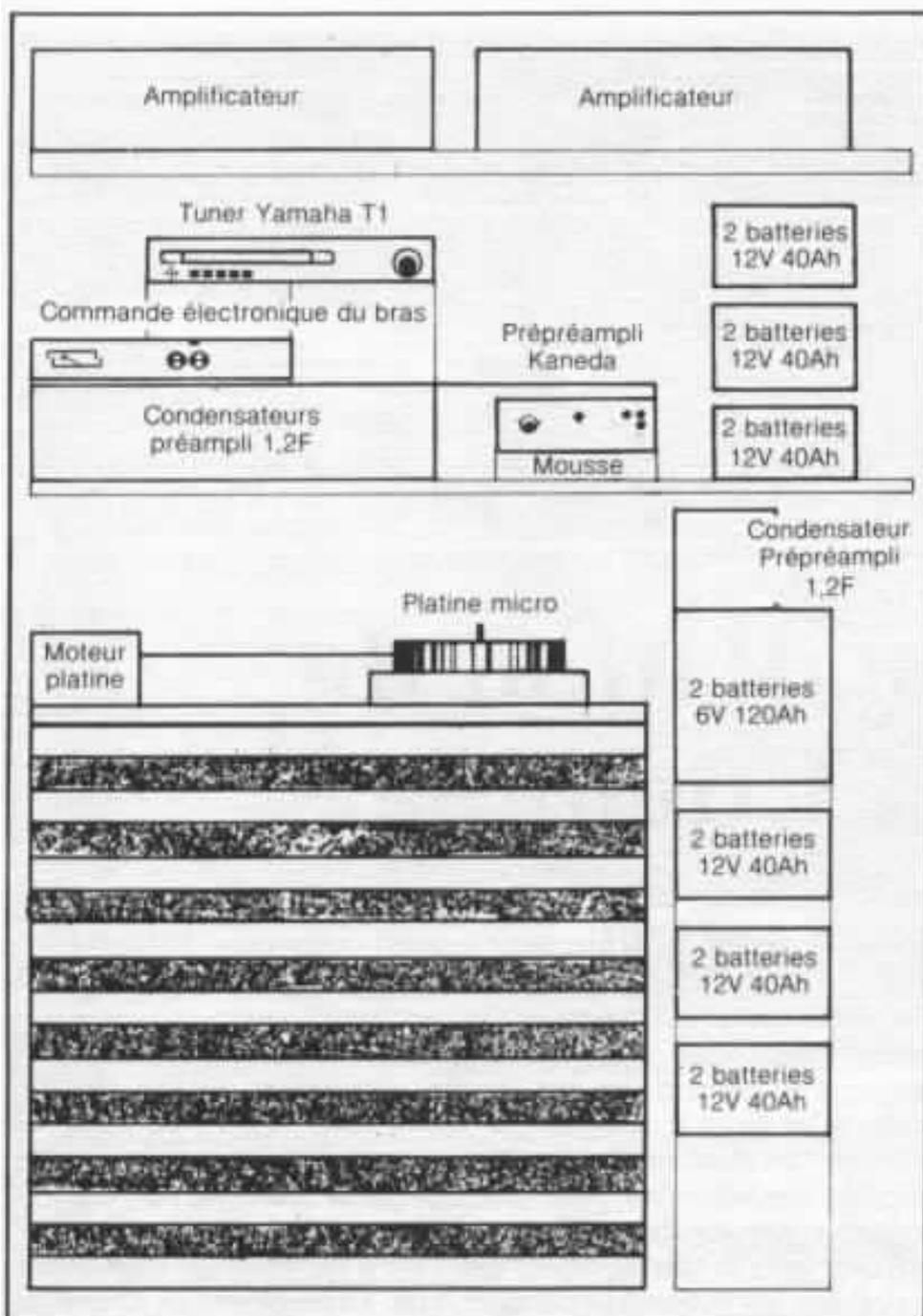


Fig. 1 : Synoptique de l'installation actuelle.

Wright, Acoustat, etc.

Ce fut, pour M. Etienne, la transition entre le haut de gamme des grandes firmes, japonaises pour la plupart, et le haut de gamme plus marginal dont les critères essentiels étaient la qualité de restitution musicale. Il y eut, entre autre, un système composé d'une Linn Sondek, d'un préampli Mark Levinson ML 1, d'un ampli Threshold 400 et d'enceintes Dalhquist. En 1977,

cette installation constituait un ensemble de haute qualité.

C'est au cours de cette période qu'il prit conscience entre autre de la nécessité de limiter les phénomènes vibratoires parasites. Les pieds de ses enceintes se dévissaient sans cesse. Il commença donc par réaliser des supports beaucoup plus rigides et beaucoup plus lourds. Encouragé par les résultats obtenus, il poussa plus loin ses investiga-

tions. Il modifia entre autre le positionnement des haut-parleurs pour obtenir une configuration symétrique, dans le but d'améliorer l'image sonore et le positionnement des sources musicales. Dès lors, il était atteint du « virus » et, depuis, aucun matériel ne passa entre ses mains sans subir de modifications.

Les premières approches

La grande aventure commença réellement lorsqu'il écouta les premières Beveridge, grandes colonnes électrostatiques à amplificateur intégré et lentille acoustique. Il eut véritablement le « coup de foudre ». L'espace musical, l'ampleur, et bien d'autres qualités l'impressionnèrent. Il se décida alors à faire le grand pas. Pour cela, il se résigna à vendre près de 400 disques, ainsi que toute son installation, à l'exception de la platine. Il comprit alors qu'à la revente le matériel ne constituait pas un investissement très stable. S'étant surtout consacré aux enceintes, il s'orienta pour le préamplificateur vers le Sunsey Minimum, pensant que ce dernier ne constituerait qu'une solution de dépannage en attendant d'avoir les fonds nécessaires à un achat plus conséquent. Les résultats obtenus étaient très encourageants. Suite à des conseils d'amis, il commença à travailler sur l'alimentation du préamplificateur, en utilisant des batteries plus conséquentes associées à un condensateur de filtrage de 10 000 μ F. L'amélioration fut si sensible qu'il poussa plus loin ses essais.

Il obtint de très bons résultats à partir de batteries rechargeables « Sonnenchein » associées à une capacité de filtrage de plus

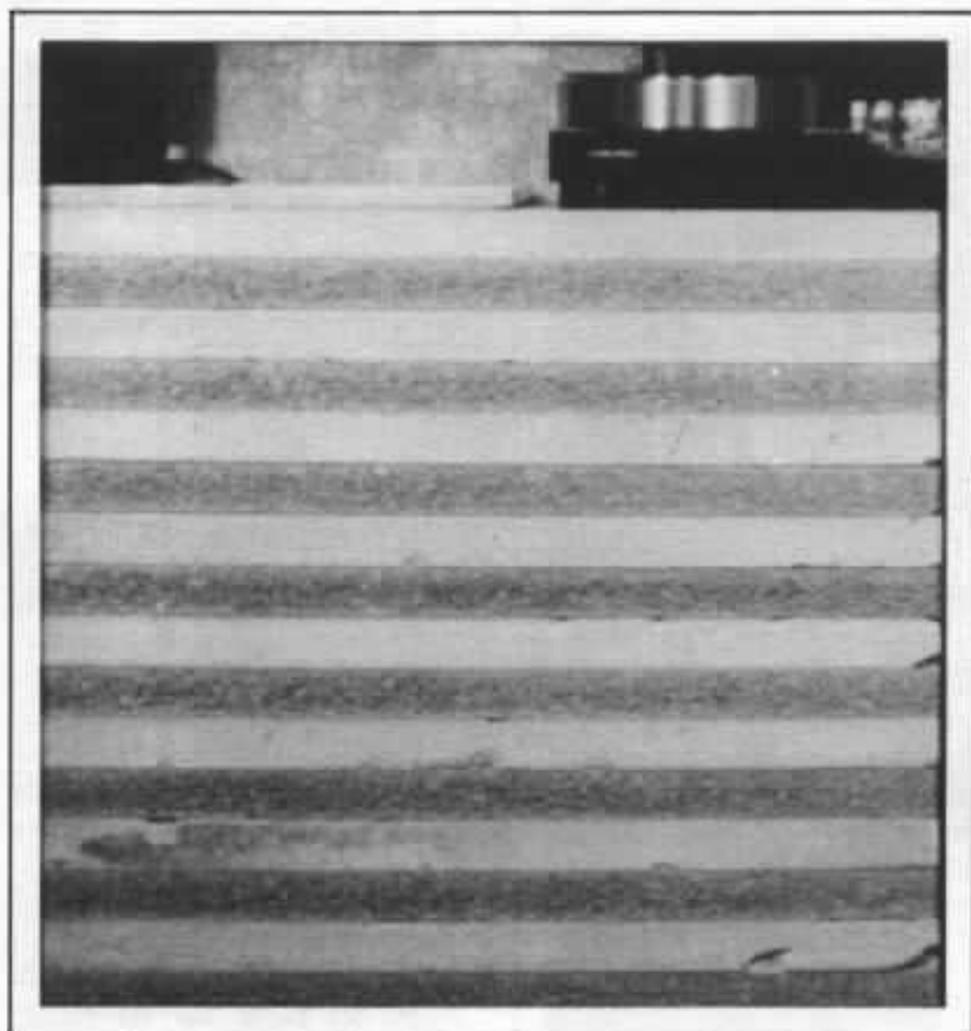


Fig. 2 : Le socle du système de lecture. C'est une structure sandwich marbre-aggloméré de masse d'une tonne.

de 100 000 μ F, réalisée à partir de condensateurs Sic-Safco séries « CO-38 » et « TFRS ».

Etant très satisfait des progrès obtenus, il s'attacha ensuite à résoudre les problèmes de vibrations sur les amplificateurs placés dans le socle des enceintes. Ces derniers sont à tubes et nécessitent un refroidissement énergique. Le système de ventilation sur les premiers modèles était relativement bruyant. Pour s'affranchir de ces divers problèmes, M. Etienne s'est résolu à sortir les amplificateurs des enceintes. Dans un premier temps, il les plaça juste à côté des enceintes, puis il adopta finalement une disposition, qui est toujours actuelle, où tous les

maillons, à l'exception des haut-parleurs, se trouvaient dans un petit local adjacent.

Toutes ces modifications ne se firent pas en quelques jours, car il fallut surmonter de nombreuses difficultés liées en particulier aux problèmes de la haute tension qui alimente les panneaux électrostatiques.

Comme tout audiophile, M. Etienne procéda par étapes successives. Ainsi, lorsqu'un gain de qualité fut obtenu sur l'un des maillons, il revint ensuite sur les autres éléments pour essayer de progresser encore. Satisfait des perfectionnements apportés à ses enceintes, il se repencha sur le préamplificateur. Ses finances étant en « meilleur état », il envisagea un autre achat. Cependant, il ne s'y résolut pas, car aucun des modèles qu'il essaya ne lui parut apporter un progrès décisif. La solution qu'il retint finalement fut d'utiliser un Sunsey Minimum par canal, avec des alimentations séparées. Réalisée par lui-même, cette solution lui apporta une image sonore encore



Fig. 3 : La platine Micro et le bras Goldmund. On remarquera le sac rempli de grenaille de plomb posé sur le châssis du bras et le fil de Litz partant en direction du préamplificateur.

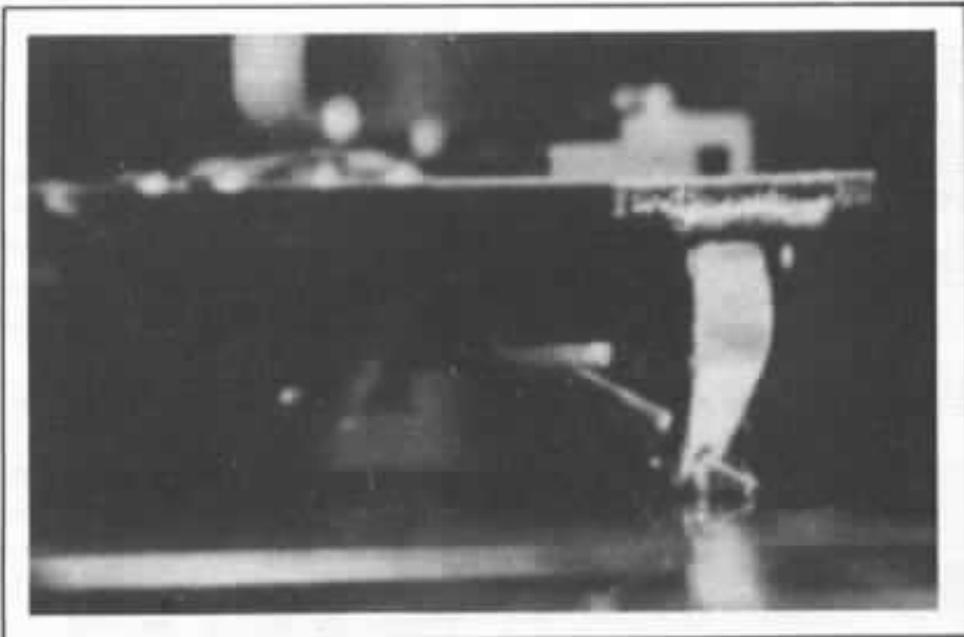


Fig. 4 : La cellule Denon DL 103 « décortiquée ».

mieux définie sans que son budget en souffre trop. Cette préamplification lui plaisait beaucoup car la restitution qu'elle procurait était très belle, douce et musicale. Toutefois, il lui reprochait de manquer de vérité et d'enjoliver quelque peu.

Quelques mois plus tard, il se lança dans la réalisation d'un « S.R.P.P. » avec alimentation surdimensionnée, style « Tanaka », décrit dans le n° 2. Il gagna de la dynamique mais par contre la spatialisation fut moins satisfaisante, ainsi que l'équilibre général de son système. Il trouva la solution définitive, du moins jusqu'à présent, avec le « Kanéda », alimenté très énergiquement, comme nous le décrirons plus loin.

Parallèlement à cela, sa platine, une Linn Sondek, subit de nombreuses modifications, pour améliorer la rigidité du socle et de la contre-platine, et limiter les résonances du plateau. Malgré les excellents résultats obtenus, il la remplaça dernièrement par une platine « Micro 5000 », qui procure une inertie beaucoup

plus grande grâce à la masse élevée de son plateau.

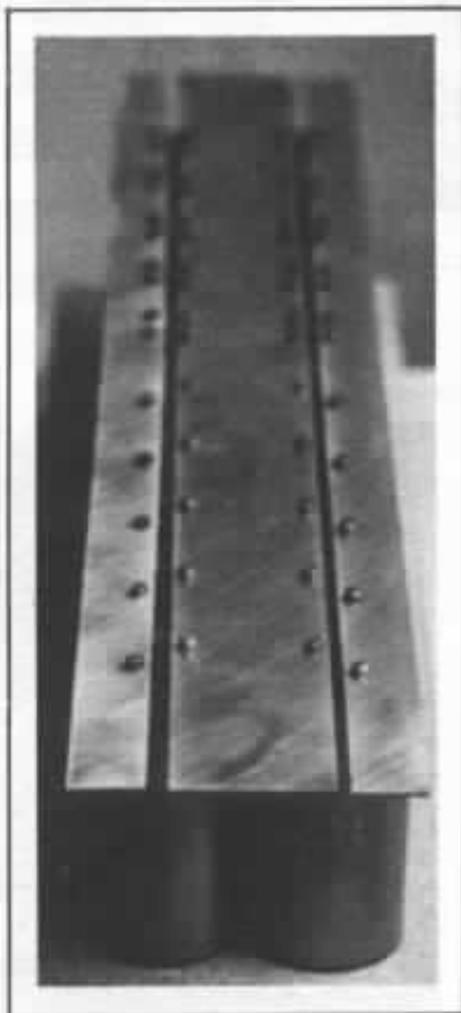


Fig. 5 : La batterie de condensateur (1,2F) du préamplificateur Kanéda. Les connexions se font par barres de cuivre.

En matière de bras de lecture, il essaya quasiment tous les modèles disponibles sur le marché français, et nous ne citerons que ceux qui retinrent son attention pendant plusieurs mois : Fidelity Research, Lurné et finalement Goldmund. Pour les cellules, il utilisa successivement la Grado Signature 3, la Supex SDX 1000 et la Denon 103.

Son installation actuelle

Le système de lecture et l'électronique sont placés dans un petit local adjacent à la salle d'écoute. Cette solution permet de limiter grandement les effets de « feedback » acoustique. Le socle sur lequel repose la platine est constitué d'un sandwich de plaques de marbre et de plaques d'aggloméré de 50 mm d'épaisseur chacune. L'ensemble ne pèse pas moins d'une tonne ! La platine repose directement sur ce socle, ses pieds ont été retirés pour améliorer le couplage mécanique. Le bras de lecture Goldmund est fixé sur un support en plomb de 40 kg, posé sur la structure sandwich. M. Etienne n'a pas pu s'empêcher d'y mettre son « coup de patte ». Le bras est réduit au strict minimum, tous les enjoliveurs ont été enlevés, le câblage a été refait avec du fil de Litz passé au « Super Black », soudé directement sur la cellule d'une part et sur l'entrée du pré-préamplificateur d'autre part. Un sac rempli de grenaille de plomb repose sur le châssis du bras de lecture, cela pour accroître la rigidité et l'inertie de l'ensemble.

La cellule est un modèle DL 103 conique trié. Le capot de celle-ci a été supprimé, et, après ponçage, la cellule a été directement collée sur la coquille avec de l'araldite.

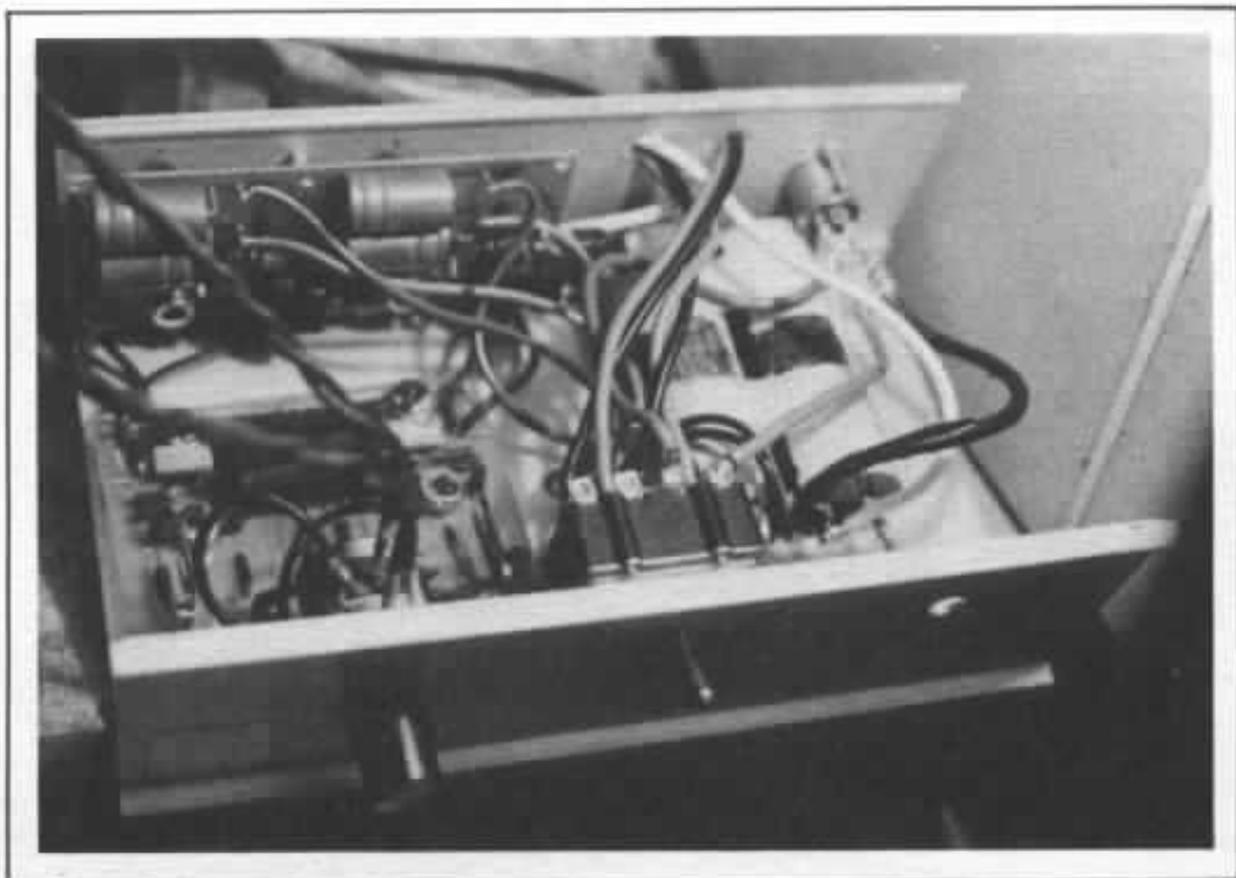


Fig. 6 : Vue interne du boîtier pré-préamplificateur Hiraga (circuit vertical) et préamplificateur Kaneda. Aucun fil blindé n'est utilisé. La plupart des composants sont passés au « Super Black ».

Le pré-préamplificateur est le modèle décrit par Jean Hiraga dans le n° 17. A l'exception de l'alimentation réalisée à partir de deux batteries au plomb, de 6 volts/120 Ah et de capacité de stockage de 1,2 F (Sic-Safco CO 38 + TFRS).

Le préamplificateur est un modèle Kaneda réalisé avec des composants de très haute qualité. Seul l'étage RIAA est utilisé. Il n'a pas de problème de manque de gain car le pré-préamplificateur est excellent sur ce critère. L'alimentation est composée de 6 batteries de 12 V/40 Ah, suivies d'une capacité totale de 1,2 F, dont une moitié est en CO 38 et l'autre en TFRS (Sic-Safco). M. Etienne a préféré les batteries au plomb, du même genre que celles utilisées pour les automobiles, aux batteries rechargeables au cadmium/nickel (meilleure

dynamique). Les circuits du pré-préamplificateur et du préamplificateur sont regroupés dans un même boîtier et placés orthogonalement, cela pour minimiser la longueur des liaisons. Aucune fiche ou prise n'est utilisée puisque le fil de Litz venant de la cellule est soudé directement sur le circuit pré-préamplificateur et que la liaison préamplificateur/amplificateur est réalisée par une paire torsadée de fils Léonische (section 1,5 mm²). Les liaisons entre l'alimentation et les circuits ont une longueur voisine d'une soixantaine de centimètres. Certains penseront qu'il est ridicule d'utiliser de telles alimentations si, en théorie, la très faible impédance de sortie est détériorée par l'impédance série apportée par la liaison. Interrogé sur ce point, M. Etienne nous a dit qu'il était persuadé que ce n'était pas un critère prédomi-

nant et que le phénomène d'alimentation était beaucoup plus complexe et que ce serait inespéré s'il pouvait se réduire à un seul problème de faible impédance série.

L'amplificateur est placé sur une étagère juste au-dessus du préamplificateur. Les ventilateurs ont été remplacés par des extracteurs à cylindres (plus silencieux), prévus pour fonctionner en 220 V et qui sont alimentés en 110 V, ce qui les rend encore plus silencieux et limite encore les vibrations. Beaucoup de composants ont été remplacés, entre autre les résistances et les condensateurs. Les étages bas niveaux (transistorisés) sont alimentés séparément par des batteries (72 volts). M. Etienne espère bien dans un proche avenir alimenter la haute tension à partir de batteries. Les enceintes sont alimentées par un câble isolé à



Fig. 7 : Une des enceintes Beveridge dans la pièce d'écoute, prise entre deux dalles de marbre.

8000 V. Le câblage à l'intérieur des Beveridge a également été refait, chacune des enceintes est prise en sandwich entre deux dalles de marbre. Les enceintes proprement dites n'ont subi aucune modification, à l'exception du cache en mousse qui a été retiré. Les résultats dans le haut du spectre en particulier ont été

encore améliorés. Les enceintes sont placées face à face comme il se doit pour ces modèles, à peu près au centre de la pièce dans sa plus grande longueur. Le local a été soigneusement capitonné sur la plupart des parois.

Le lecteur se demandera sans doute si une telle « débauche » de moyens procure une réelle

amélioration à l'écoute, par rapport au même système n'ayant subi aucune de ces modifications. Les écoutes que nous avons pu faire nous ont convaincus. La clarté de la restitution, la précision de l'image sonore et surtout la remarquable transcription du registre grave sont autant de points qui méritent des

éloges. Plusieurs personnes connaissant très bien les Beveridge ont été très surprises des résultats obtenus qui, disons-le, même dans la version standard, sont déjà d'une très haute qualité.

Nous tenons toutefois à émettre des réserves concernant la reproduction des fréquences situées au-dessous de 50 Hz. Malgré tout, la performance reste exceptionnelle si l'on considère qu'aucun caisson de grave n'est utilisé.

Nous n'encouragerons pas cependant les lecteurs à se lancer dans une telle expérience, à moins qu'ils ne soient, comme M. Etienne, des amateurs intransigeants, pour lesquels l'amélioration de leur système est quasiment une raison de vivre.

Mais, attention au budget, au temps passé, et au moral... !

Qui est M. Etienne ?

De part ses activités, Michel Etienne n'a aucun lien direct avec la haute fidélité, puisqu'il travaille dans une société de crédit. C'est avant tout un passionné de musique. Lui et sa femme jouent du piano. Il a d'ailleurs installé dans son bureau un clavichord dont il joue durant les heures de repas... Dans sa société, il a repris en main la discothèque d'entreprise, dont il s'occupe avec dynamisme. Il ne veut en aucun cas imposer ses goûts personnels au niveau du choix des disques, et, dans ce but, il a formé un petit comité de quelques personnes ayant des goûts musicaux suffisamment diversifiés pour faire un échantillonnage de disques qui soit représentatif. Il a entre autre instauré un système de « fiches de santé » pour chaque disque, lequel a permis à la discothèque d'une

part de sensibiliser les amateurs et d'autre part d'avoir un stock parfaitement répertorié en qualité. Michel Etienne collectionne également les instruments de musique, il a fait dernièrement l'acquisition d'un piano « forte » de 1780. Il fréquente avec assiduité les concerts, une à trois fois par semaine en moyenne. Pour lui, la haute fidélité constitue un plaisir personnel, la réalité du concert n'est pas reproductible. Il est essentiel de transposer le message restitué, et pour cela il faut transmettre suffisamment de détails et d'informations pour retrouver l'acoustique de la pièce dans laquelle a été effectuée la prise de son. Mentionnons pour terminer que Mme Etienne partage les goûts de son mari pour la musique et la restitution sonore. C'est un cas suffisamment rare pour qu'il vaille la peine d'être mentionné !

