

Le montage des haut-parleurs

Philippe Gault

Pour tout mélomane sensibilisé par la qualité de restitution domestique de la musique, et en particulier les lecteurs de l'Audiophile, plus personne ne doute de l'influence subjective presque toujours sensible du moindre élément constitutif de la chaîne de reproduction sonore.

Isoler chaque constituant pour analyser son influence, et en comprendre les raisons, est le seul moyen permettant de progresser. Evidemment, la présence de quelques milliers de composants (dans les cas les plus simples) rend toute approche laborieuse. Pour ne pas se bercer d'illusions et vite désespérer, il est souhaitable de viser des objectifs à long terme. Les essais ne sont pas toujours synonymes d'améliorations. En changeant un composant, il est préférable d'oublier ses a priori théoriques et ne croire que ses oreilles, au moyen d'une analyse subjective la plus proche possible de celle présentée par Jean Hiraga dans cette revue.

Si, a posteriori, les résultats cadrent avec les données physiques, la situation se clarifie et la logique y trouve son compte, ce qui est toujours mieux que de baigner dans l'empirisme le plus opaque.

Précisons également avant de commencer que les mesures effectuées au cours des expérimentations qui vont suivre ne nous ont servi que de moyen d'analyse, et en aucun cas, n'ont orienté nos appréciations, choix et décisions. Elles étaient, de toute façon, insuffisantes pour

être significatives et nous essayerons de suivre (de loin) le panache blanc de M. Tanaka sur le plan des améliorations subjectives.

Aujourd'hui donc, ouvrons le chapitre enceintes acoustiques, le paragraphe haut-parleurs, l'alinéa «fixation».

Le problème semble ponctuel, mais n'est pas sans importance ni sans intérêt. D'une part, toutes les vibrations «réactives» devenant parasites, ayant pour origine le fonctionnement même du haut-parleur, transitent par

ses fixations.

D'autre part, les divergences qui apparaissent sur ce point entre les différents constructeurs professionnels justifiaient une mise au point, ne serait-ce qu'à titre personnel.

Le premier problème qui se pose est d'isoler l'influence du mode de montage du haut-parleur des autres éléments constitutifs de l'enceinte acoustique, et en particulier l'enceinte elle-même, qui a son influence propre, et de combien ! (cf. Audiophile n° 28).

Ces considérations nous amènent à diviser cette étude en deux séries d'essais.

La première consistera à évaluer six types de fixation d'un haut-parleur médium (PR 17 HR 37 TSM Audax, membrane traitée) placée en champ libre, donc sans enceinte du tout.

La seconde nous permettra de vérifier si les conclusions des premiers essais s'appliquent avec les enceintes.

Essais du médium en champ libre

Les six montages envisagés sont soumis à une mesure (par tiers d'octave, bruit rose) et à deux écoutes, l'une du médium seul, l'autre avec le médium intégré dans un système à trois voies 4 haut-parleurs décrit en annexe.

Pour les tests subjectifs, deux disques ont été utilisés :

— Carmina Burana Vol. 1 - Clemencic Consort H.M. 335. Excellente prise de son d'une grande variété d'instruments et voix.

— Robert Schumann Lieder op. 24, op. 25 - Fischer - Dieskan - Eschenbach DG 2530543 - Prise de son très naturelle.

Les montages ont été évalués par des comparaisons immédiates, un montage servant de référence.

1) Montage de référence

Il est présenté sur la photo n° 1.

Le médium en champ libre (non bafflé) est fixé par quatre tiges filetées contre un bloc de ciment massif recouvert de stratifié. Ce bloc est profilé de manière à éviter les réflexions de l'onde arrière. Il pèse 50 kg.

Le saladier est en compression.

Une planchette de lattes de 15 mm est interposée entre le moteur et le ciment et permet de disposer le haut-parleur d'aigu (90 H Fostex) juste au-dessus.

2) Support souple, que l'on peut assimiler à un

découplage du médium des autres structures.

Le haut-parleur est posé sur une bande de feutre, son moteur étant «assis» sur une petite selle taillée dans du liège acoustique (photo 2).

Les vibrations ne peuvent s'évacuer.

Subjectivement, par rapport au montage de référence, la restitution est plus douce mais les contours sont moins définis. Il y a une perte de niveau subjectif dans le haut médium aigu, moins de détails sonores, et une perte de dynamique des transitoires.

Le montage de référence apparaît comparativement plus net, plus propre, plus transparent. Les transitoires sont plus violents. La liaison avec l'aigu est meilleure, bien qu'une bosse subjective légère soit ressentie dans le haut médium aigu.



Fig. 1 : Montage de référence. Médium en champ libre fixé contre un bloc de ciment.

3) Support bois - Saladier non comprimé

Ce montage est conçu pour se rapprocher des fixations habituelles, rigides, entre un haut-parleur et son support habituel (face avant d'enceinte).

Le haut-parleur est toujours maintenu par quatre tiges filetées, mais le moteur n'est pas

appliqué contre le support. Un empilement de planchettes solidarisées au support du haut-parleur mais en arrière représente la masse moyenne d'un coffret de médium (photo 3).

Dans ce cas, les vibrations «réactives» transitent par le saladier, puis par les tiges filetées.

A la restitution, le médium semble manquer de niveau dans la partie basse de son spectre, la liaison avec le grave est moins bonne et manque de cohérence. Quelques résonances dans le haut médium sont perceptibles.

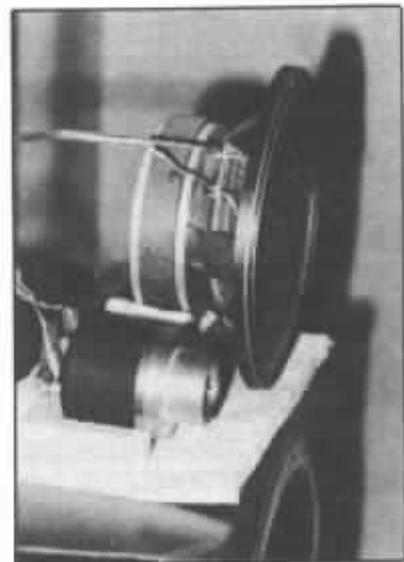


Fig. 2 : Découplage du haut-parleur, simplement posé sur un support souple.

Le montage de référence donne un médium plus plein, des timbres mieux respectés, une plus grande dynamique.

4) Support bois - Saladier comprimé

Le montage est le même que le précédent, excepté le serrage qui, cette fois-ci, comprime le saladier en appliquant le moteur contre le support en bois (photo 4).

Subjectivement, par rapport au montage précédent, les résonances dans le haut médium sont atténuées. On peut donc les attribuer en partie aux vibrations parasites du saladier et des tiges

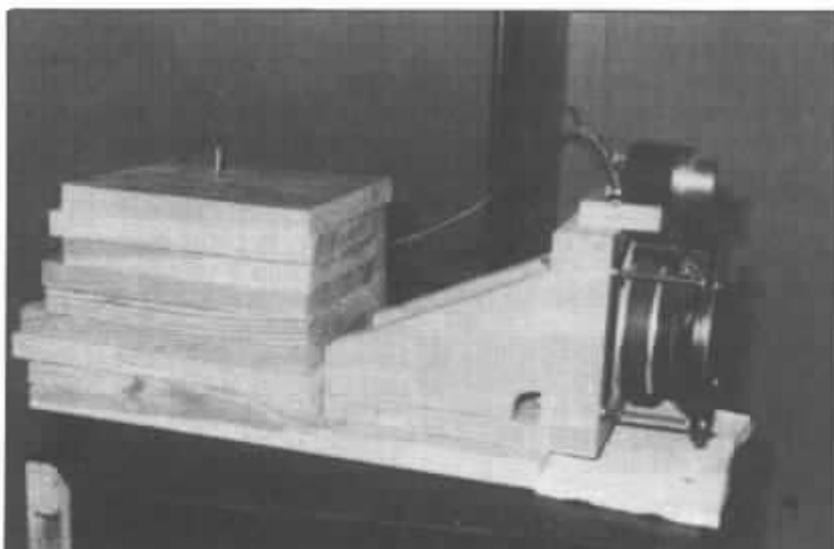


Fig. 3 : Haut-parleur fixé par son saladier. L'empilement de planchettes représente la masse moyenne d'un coffret de médium.

de fixation.

La dynamique du bas médium n'est pas meilleure et reste sensiblement plus faible que celle du montage de référence.

5) Support ciment et sable

Le médium est fixé par des tiges filetées, saladier comprimé, à un coffret profilé vers l'avant, toujours pour éviter les réflexions de l'onde arrière, et rempli pour la moitié antérieure par du ciment, pour la moitié postérieure par du sable (photo

5). Il pèse 60 kg.

Cette fois-ci, le nouveau montage en lice prend l'avantage sur le montage de référence.

La distorsion subjective est sensiblement réduite, de nouveaux détails apparaissent.

La restitution gagne en naturel, en transparence, en spacialité, en fluidité.

L'aigu, moins masqué, apparaît plus fin, plus détaillé.

La dynamique est aussi bonne que la référence dont l'augmentation de niveau subjectif dans le

haut médium aigu est clairement ressentie lors de cette comparaison, et correspond à une brillance légère mais artificielle.

Comme dans l'article du numéro 28 de l'Audiophile, on peut attribuer au bloc de ciment, les résonances et le manque d'amortissement des vibrations parasites dans le haut du spectre.

Par contre, le support comprenant un volume de sable est capable d'amortir ces vibrations. La masse de ciment juste contre le haut-parleur donne l'inertie qui permet de le pousser dans ses derniers retranchements dynamiques. Les écoutes sont très significatives sur ce point.

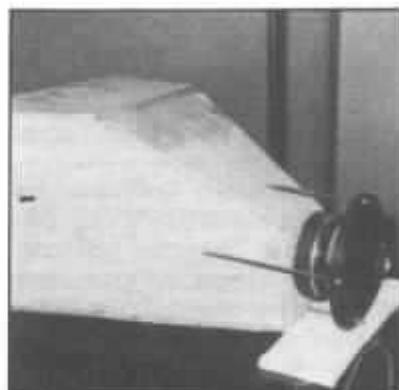


Fig. 5 : Le médium est fixé contre un coffret rempli pour la moitié antérieure par du ciment, pour la moitié postérieure par du sable.

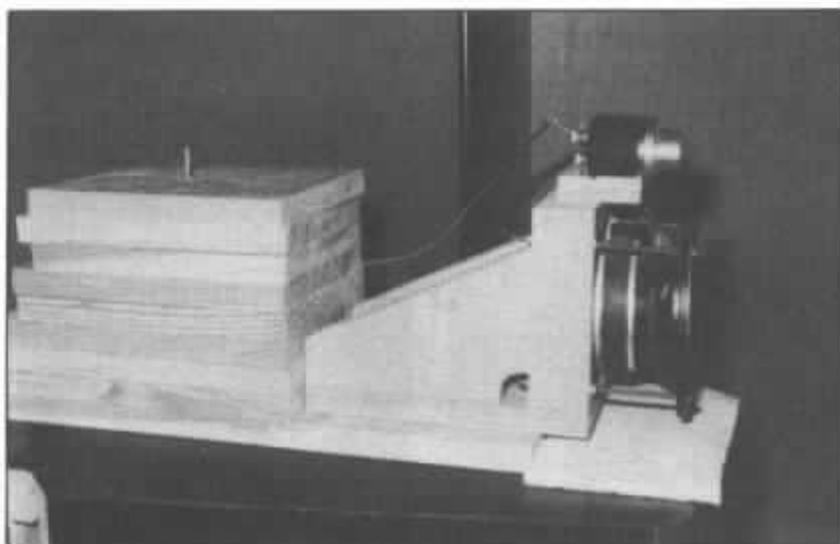


Fig. 4 : Même montage que le précédent. Mais le saladier est neutralisé par compression. Le moteur est appliqué contre le support en bois (Nantex).

6) Support ciment et sable, plus baffle plan

Sur la base du montage précédent, un baffle en fait incurvé pour atténuer les effets de bord, est adapté au haut-parleur et au bloc (photos 6 et 7).

Le baffle lui-même est une feuille de plomb de 5 mm d'épaisseur, pour éviter les transmissions de vibrations.

Il est renforcé sur les bords externes par une lame de contreplaqué Nantex de 10 mm.

Une moquette épaisse recouvre tout le baffle pour éviter les réflexions et diffractions parasites.

Le poids de l'ensemble atteint 75 kg.

Par rapport à l'essai précédent, le médium prend du corps, la restitution est très naturelle mais apparaît parfois légèrement gonflée dans le bas médium. Certains détails sont légèrement moins perceptibles que sans baffle.

Conclusions des premiers essais

1) La solidarisation du haut-parleur à une masse lui donnant une inertie bien supérieure à la sienne propre permet d'obtenir une dynamique, nettement plus grande et de plus bien répartie le long du spectre.

2) Cette masse doit être capable d'amortir les vibrations qui lui sont transmises sans les rémettre d'une façon ou d'une autre, d'où la nécessité de prévoir une ou plusieurs parois sablées.

Nous éviterons également les coffrets en matériaux à trop faibles pertes internes (pierre, béton, etc...) qui obligent leurs utilisateurs à découpler les haut-parleurs pour atténuer la transmission de vibrations que le coffret n'amortit que très lentement.

3) Le saladier du haut-parleur, même de bonne qualité comme

c'est le cas ici, doit être neutralisé pour éviter la surimposition de ses propres vibrations parasites au message sonore. Un montage permettant une mise en compression du saladier est une solution.

Essayons, dans une deuxième phase, de conjuguer ces principes avec la présence d'une enceinte.

Essais comparatifs de trois modèles d'enceintes à montages différents des haut-parleurs

L'un des modèles mettra en application les principes issus de nos premiers tests. Cette enceinte comporte une âme centrale sur laquelle viendra s'appuyer le moteur du haut-parleur grave médium. Cette âme comporte une moitié antérieure remplie de ciment et bloquant les tiges filetées de fixation, le reste sera rempli de sable.

Le saladier du haut-parleur est découplé de la façade avant de l'enceinte par un hiatus prévu de construction et un joint de silicone.

Les faces latérales, supérieures et inférieures sont sablées.

La face postérieure comprend les événements laminaires type Jensen

(photos 8 à 13).

Pour atténuer les phénomènes de directivité et de diffraction, la face avant est d'une surface la plus petite possible. Ses angles sont arrondis.

Vue en plan, l'enceinte est trapézoïdale, la petite base devant. Cela évite qu'à volume égal, elle soit trop profonde. On peut aussi considérer cela comme une amorce de pavillon entre le haut-parleur et les événements.

Les haut-parleurs choisis sont le HIF 166 F2 CA 9 et le tweeter AM TW 51 A Audax. Ce sont des haut-parleurs de séries dites économiques. Dans ce test, notre motivation n'est pas une quête d'absolu à ce stade, mais l'évaluation de principes de montage, donc une appréciation relative.

Outre une puissance admissible limitée, les défauts flagrants à l'écoute du HIF 166 par rapport à des haut-parleurs de haute qualité (et beaucoup plus onéreux) proviennent de colorations de la membrane et de résonances du saladier en tôle emboutie.

Cependant, la masse mobile est très faible, le BL n'est pas ridicule, et on dispose d'un facteur d'accélération excellent.

Une enduction à l'époxy fluide traitera les colorations de mem-

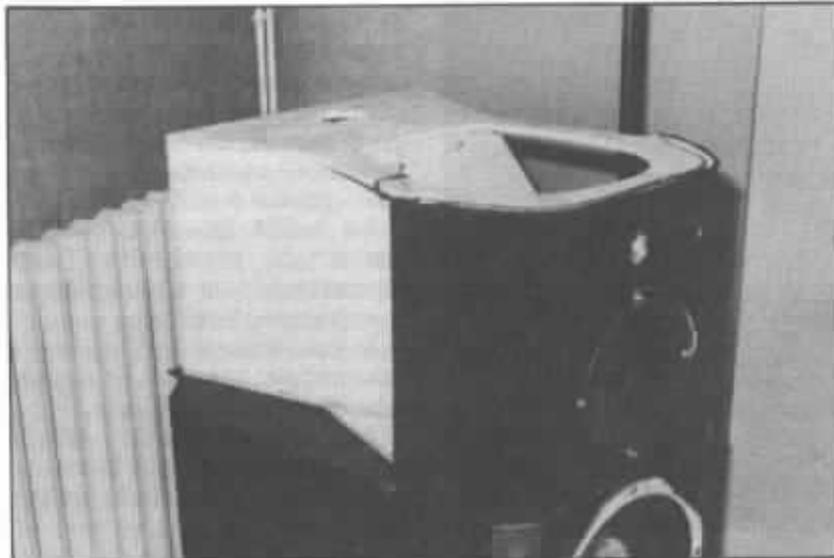


Fig. 6 : Un baffle «plan» incurvé est adjoint au montage précédent.



Fig. 7 : Vue du baffle en plomb sans la moquette.

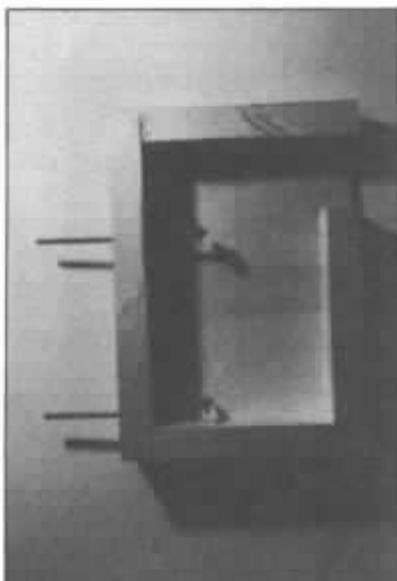


Fig. 8 : Coffret de l'âme centrale de l'enceinte sablée. Le ciment englobe les tiges filetées jusqu'à la ligne médiane.



Fig. 9 : Construction de l'enceinte sablée. Les faces supérieures et inférieures sont assemblées sur l'âme centrale.



Fig. 10 : Faces latérales assemblées. Les orifices permettent le remplissage du sable et du ciment.

brane, sans alourdir excessivement celle-ci.

Les vibrations parasites du saladier sont neutralisées par compression dans le montage présenté.

Le médium grave n'est pas filtré.

Le tweeter est filtré à 6 dB/octave par un condensateur

papier de $2,2 \mu\text{F}$, un réseau régularisant l'impédance est placé en parallèle aux bornes du tweeter, il comprend une résistance de 10Ω et une capacité de $5,6 \mu\text{F}$ en série.

Cette enceinte sera comparée à deux autres de construction plus classique. Les haut-parleurs et leur traitement de membrane, les

filtres, les volumes internes, les accords des événements sont identiques.

L'une a la forme d'une petite colonne construite en Nantex. L'évent se trouve à la base. Les haut-parleurs sont placés sur un pan coupé réalisant une mise en phase (obtenue par inclinaison sur les autres). Le montage des

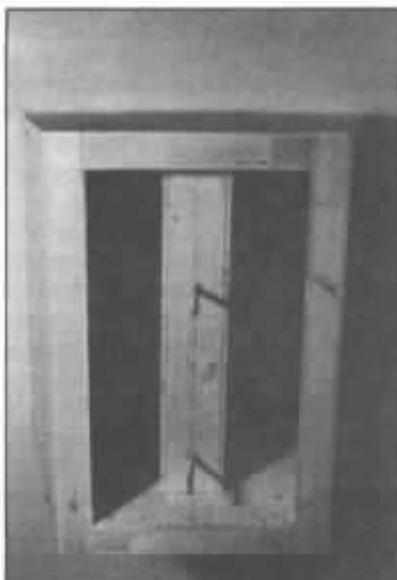


Fig. 11 : Vue antérieure.



Fig. 12 : Vue postérieure après disposition du feutre.

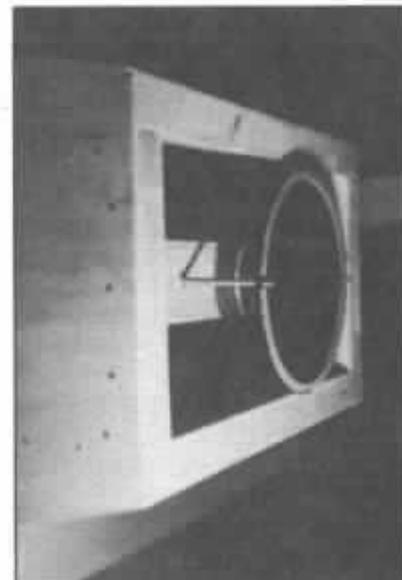


Fig. 13 : Vue du montage du haut-parleur. Saladier en compression.

haut-parleurs est traditionnel, sans découplage ni neutralisation du saladier (photos 14 et 15). Etant donné la petite taille de l'enceinte, l'ébénisterie est particulièrement rigide.

La dernière enceinte de la comparaison est le modèle PL 20 de Pascal Louvet (photo 16). Elle est construite en aggloméré dense plaqué d'oberflex, revêtement dur et raide incluant une feuille de bois, et améliorant sensiblement la rigidité des parois. Les angles antérieurs sont également arrondis. L'évent tubulaire est en face avant. Le saladier est traité pour atténuer ses vibrations.

Avant d'attaquer les écoutes comparatives, précisons tout de même que leurs poids respectifs sont de 19 kg pour l'enceinte sablée, 11 kg pour celle en Nantex, 6 kg pour celle agglomérée. Et si elles étaient commercialisées, leurs prix seraient dans les mêmes proportions. Mais le problème du rapport qualité/prix ne rentre pas en ligne de compte ici.

1) Colonne en Nantex

Le grave, le bas médium apparaissent propres, transparents et même détaillés. De nombreuses informations sont perçues dans ces secteurs.

Il n'y a pas d'effet de masque sur un extrême grave aisément perçu. Les instruments jouant dans ce registre sont parfaitement identifiables, même lorsqu'ils sont plusieurs à jouer en même temps. La localisation en largeur et en profondeur est assez bonne, comme la focalisation.

La situation se dégrade lorsque l'on analyse le médium qui a tendance à monter et surtout le haut médium, qui au moindre forte devient dur et franchement désagréable. C'est particulièrement sensible sur les voix féminines.

L'aigu reste fin et détaillé.

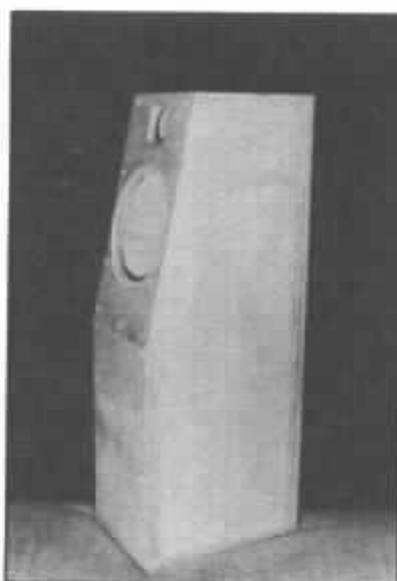


Fig. 14 : Colonne en Nantex, avant placage



Fig. 15 : et plaquée, terminée.

2) Enceinte à parois sablées et âme centrale

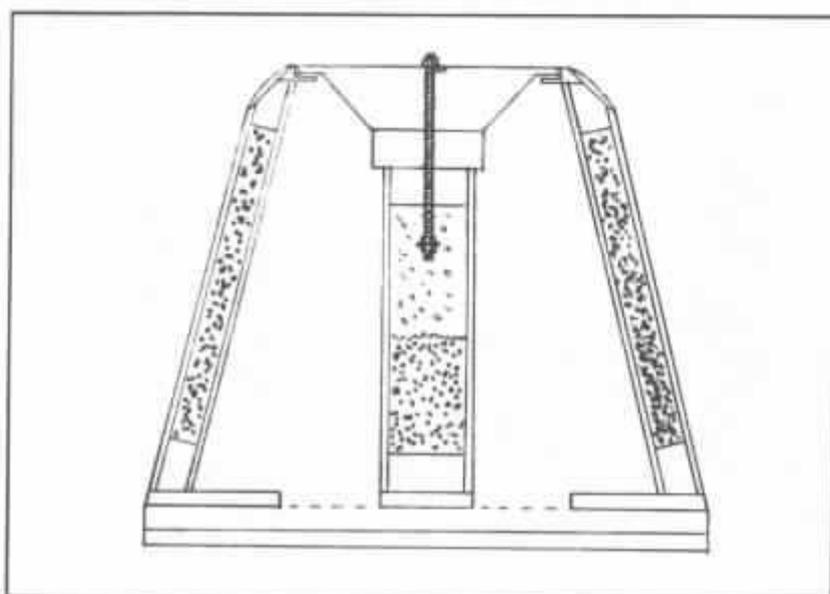
La première chose qui frappe à l'écoute est une résonance très marquée à 100 Hz (confirmée par la mesure). A l'examen (digital, ... pardon, tactile), il s'avère que les parois latérales vibrent copieusement. Le sandwich de contre-plaqué de 5 mm plus stratifié externe et 3 cm de sable manque totalement de rigidité.

Une thérapeutique d'urgence

s'imposait. Des planchettes de Nantex de 10 mm d'épaisseur sont collées intérieurement sur les parois coupables.

Notons au passage que les faces supérieures et inférieures, dont les parois internes sont rigidifiées par l'âme centrale de l'enceinte, ne vibrent pas du tout.

Le résultat est presque concluant. Presque, car la résonance est encore sensible, sans être



Coupe horizontale de l'enceinte à parois sablées.

vraiment gênante. Néanmoins, le grave est moins défini, détaillé que dans les colonnes en Nantex, et l'extrême grave est moins bien perçu.

Par contre, le bas médium est beaucoup plus dynamique et cette dynamique semble bien répartie sur tout le spectre. Le médium est plus naturel, les timbres plus justes. Je n'affirmerais pas que la restitution est somptueuse, mais le haut médium, sans atteindre des sommets de définition et d'absence de distortion subjective, a quand même oublié ses velleités agressives. Ce brave petit haut-parleur, poussé dans ses derniers retranchements pourrait même surprendre.

Ces différences marquées avec l'enceinte en Nantex nous permettent d'attribuer aux résonances du saladier, et aux faibles pertes internes du coffret, les colorations du haut médium remarquées sur les colonnes.

3) Enceinte en aggloméré PL 20

Comparativement aux deux autres, ce modèle fait preuve d'une moindre dynamique et dispose d'une moindre énergie dans le bas du spectre. Les résonances du haut médium sont mieux maîtrisées que sur les colonnes en Nantex, mais moins bien que sur les enceintes sablées. La restitution reste globalement assez propre et homogène. Précisons que cette enceinte commercialisée n'a d'autres prétentions que de proposer un bon rapport qualité/prix, et ne peut rivaliser avec les systèmes habituellement présentés dans ces pages. Cependant, à niveau d'écoute moyen ou modéré, la musique qu'elle reproduit n'en sort pas traumatisée et elle est capable de restituer une quantité d'informations sur tout le spectre peu courante dans cette gamme de prix (c'est-à-dire, pour fixer les idées, deux fois moins chère que la «petite audiophile» si celle-ci était commercialisée par les circuits habituels).



Fig. 16 : PL 20 et son homologue sablée.

Conclusion

Les essais présentés dans cet article nous ont amené à tirer les conclusions suivantes :

1) La masse rapportée de façon rigide aux structures les plus proches de l'origine du mouvement dans un transducteur électro-acoustique est un facteur très sensible dans le résultat final. Il y a un effet d'inertie réduisant

l'amplitude des vibrations parasites, et augmentant l'amplitude des vibrations effectives.

2) Un système d'amortissement à fortes pertes internes doit être adjoint à cette masse qui, du fait de sa constitution en matériau dur, est incapable d'absorber les vibrations parasites et les restitue.

3) Il est préférable de neutraliser

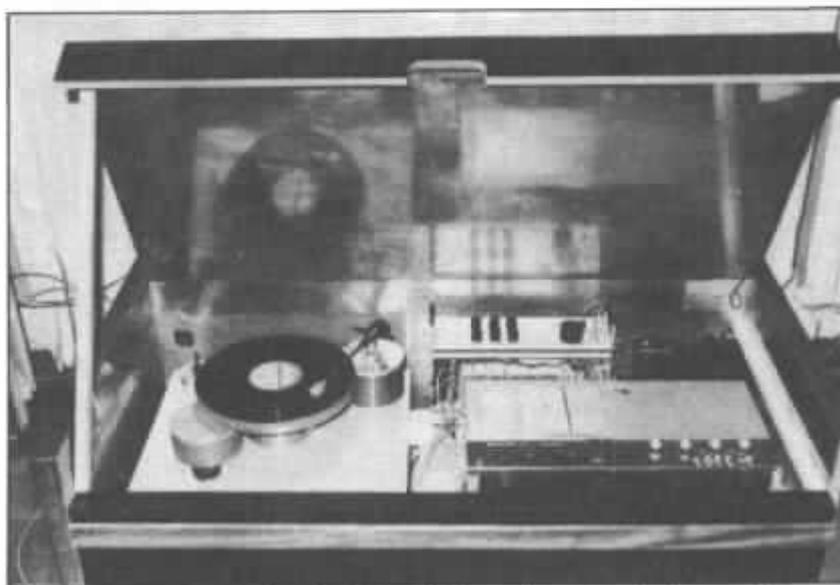


Fig. 17 : Les sources. Sous le Nakamichi, quelques farads de capacité pour l'alimentation du pré-préampli Hiraga, du préampli et du filtre Kaneda. L'encadrement des éléments a été retiré. Les liaisons sont les plus courtes possibles (quelques centimètres).

le saladier des haut-parleurs en les fixant à la masse directement par leurs moteurs, le saladier pouvant être en compression.

4) Les parois sablées, malgré les pertes internes élevées des vibrations parasites, peuvent résonner fortement dans le bas du spectre si la paroi interne n'est pas assez rigide. Une grande rigidité des parois est indispensable pour une bonne reproduction du grave, mais elle empêche l'amortissement des vibrations parasites de fréquence élevée.

Pour parvenir à associer des principes aux exigences parfois contradictoires, nous sommes amenés à concevoir une enceinte qui, pour éviter les «compromis», sera constituée de 3 structures découplées les unes des autres :

1) Les haut-parleurs, fixés contre une masse de ciment profilée, pour éviter les réflexions de l'onde arrière, par des tiges filetées noyées d'un côté dans le

ciment, de l'autre soumettant les saladiers à de fortes compressions.

La masse de ciment est elle-même englobée dans un volume de sable, le tout formant une âme de l'enceinte.

2) Une enceinte interne, très rigide.

3) Une enceinte externe, formée d'une paroi mince pour éviter les transmissions de vibrations parasites, mais en matériau assez raide, séparée de la précédente par une couche d'au moins 4 cm de sable.

La réalisation de ce projet fera l'objet d'un futur article.

Les tests subjectifs ont été réalisés avec le système visible sur les photos 17 et 18.

La platine et le bras sont des Vecteur-Lurné.

La cellule est une Dynavector Karat 23R, chargée par un pré-pré Hiraga «maison». Le préampli est constitué d'une carte Kaneda. Les alimentations sont surdimensionnées et sur batteries. Un filtre actif Kaneda est

utilisé entre grave et médium (600 Hz).

Toute cette partie de la chaîne repose sur une colonne en aggloméré remplie de sable et traversant le plancher de la pièce pour éviter toute transmission de vibrations parasites au système de lecture et à l'électronique.

Le tout est également contenu dans un meuble très lourd avec couvercle pour éviter les résonances par voie aérienne. Toutes les faces internes sont couvertes de cuivre pour réaliser une cage de Faraday. En fonctionnement à partir de disques, seul du courant continu pénètre dans le meuble.

L'alimentation de la platine a été séparée.

L'installation a également été conçue, en plus du traitement des problèmes vibratoires et électro-magnétiques, pour avoir les liaisons les plus courtes possibles entre éléments.

Le fil de Litz est utilisé entre cellule et préampli.

Ensuite, le câble Vecteur, ancien ou nouveau modèle suivant le cas, réalise toutes les autres connexions.

Les amplis, situés juste derrière le meuble, sont des Taki pour le grave, des 300B (W.E.) proches de la version Tanaka, pour le médium aigu.

La voie médium actuelle est le numéro 5 du premier test de cet article.

La voie grave comprend une mise en série (16 Ω pour les Taki) d'un E 110 JBL et d'un MHD 24 P66 USM Audax dont les qualités et les défauts se «compensent».

Le rendement dépasse 100 dB/W/m.

Les résultats auditifs sont presque satisfaisants. Ce système a une bonne capacité à se faire oublier.

P.S. : Le principe de montage haut-parleur sur masse centrale fait l'objet d'un dépôt de brevet.



Fig. 18 : Le système.